

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

2016 年度
2017 年度
事業報告書

2018 年 3 月

岡山理科大学

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

2016 年度
2017 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 年次計画	7
1. 5 施設・装置・設備の整備	11
2. 事業運営報告	13
2. 1 組織	13
2. 2 運営委員会／全体会議	14
2. 3 定例報告会	15
2. 4 年度末成果発表会	17
2. 5 評価委員会	18
2. 6 一般公開シンポジウム	25
3. 研究活動報告	26
3. 1 研究拠点の整備	26
3. 2 国際交流	33
3. 3 現地調査・国際共同研究	40
3. 4 研究成果報告	48

4. アウトリーチ活動報告	96
4. 1 ホームページによる情報の発信	96
4. 2 一般向け講演の実施	97
4. 3 展示会の開催	99
5. 恐竜学博物館	100
5. 1 使命	100
5. 2 理念	100
5. 3 組織	100
5. 4 施設概要	101
5. 5 規定	104
5. 6 運営方針	105
5. 7 危機管理対策	105
5. 8 恐竜学博物館の整備状況ならびに 2018 年度の目標	106
6. 研究業績	107
6. 1 著書	107
6. 2 学術論文	107
6. 3 学会発表	109
7. マスメディアへの掲載について	161
7. 1 新聞	161
7. 2 テレビ・ラジオ	164

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

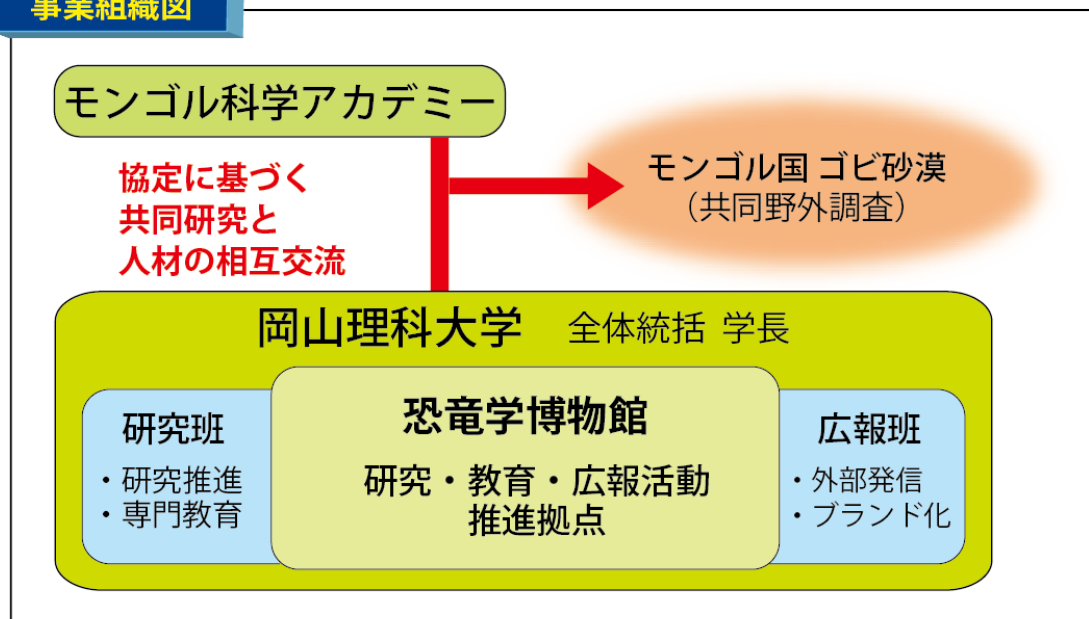
1.1 事業概要

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。

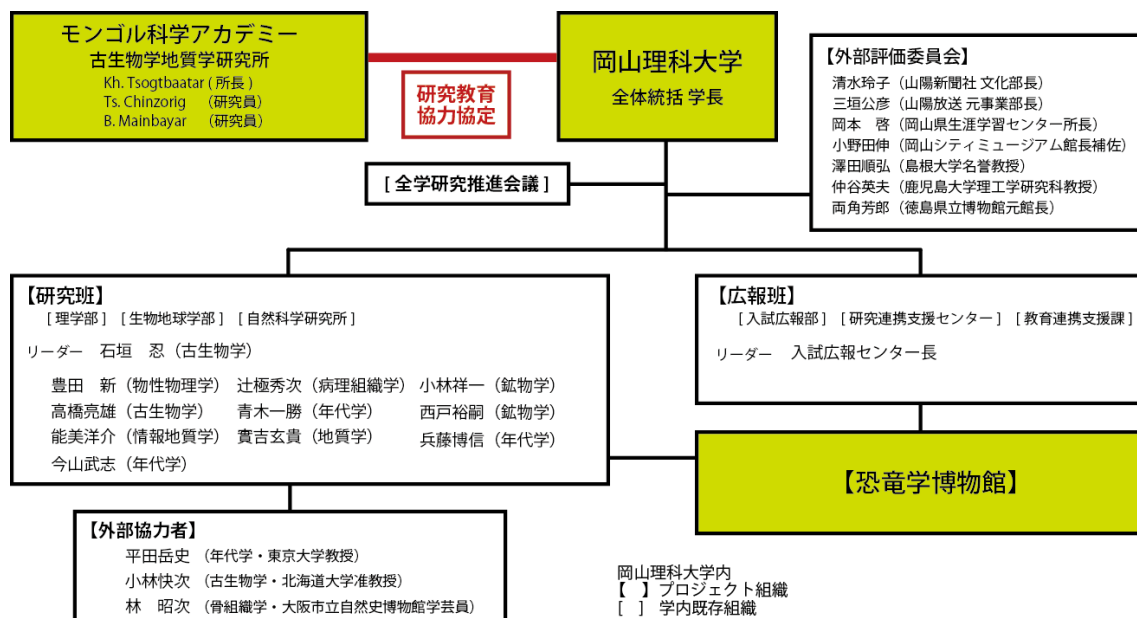
博物館運営は日本博物館協会や大学博物館等協議会、全国科学博物館協議会と連携し、情報の収集と発信および加盟館との共同事業開催につとめる。

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 年次計画

平成 28 年度

1. 目標

モンゴル国ゴビ砂漠東部において、上部白亜系堆積層の基本的岩相と分布範囲を明らかにする。物理化学的基礎データの取得のためのパイロット堆積物試料を採取するとともに、新たな化石標本の発掘を行う。本学ですでに収集している既存化石の標本クリーニングを行い、組織形態分析用化石試料の作成を行う。高精度の分析を行うための新規研究設備を導入し、整備を行う一方で、IGP との国際共同研究教育体制を強化する。

2. 実施計画

- ①ゴビ砂漠東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。
→地質図及び柱状図が作成できたか、分析に必要な試料の採取ができたかで評価する。
- ②パイロット試料を選定し、各種機器分析（CL, ESR, EPMA 化学分析, Ar 同位体分析）を行い、鉱物の主要化学組成、微量元素、放射線損傷の物理化学的なデータを取得する。
→得られたデータについて、堆積物の特徴化に適した指標となる分析手法の確立に向けて、有用性についての検討が行われたかどうかによって評価する。
- ③組織分析用化石の選定を行う。また既存標本を利用して次年度の分析の準備をする。
→多数の標本中から、分析に使う標本の確定ができたかによって評価する。
- ④ IGP 研究員を招聘し、国際共同研究の体制構築についての打ち合わせを行う。
→国際共同研究の体制が文書化できたかどうかで評価する。
- ⑤年度末に研究発表会を開催し、外部評価を受けて事業内容を改善する。（以後毎年継続）

平成 29 年度

1. 目標

前年度と異なるゴビ砂漠東部の地域において、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。組織分析用化石試料の採取と生態解析用野外データの取得を行う。堆積物試料の分析と骨化石の組織分析を開始する。恐竜学博物館の展示を完成させ開館し、研究調査成果を一般社会に広報する。

2. 実施計画

- ①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で評価する。
- ②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で評価する。

③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。

④IPG 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。

⑤国際若手研究者育成計画を策定し、若手研究者の招聘を開始する。(以後毎年継続)

→若手研究者を招聘し、共同研究が開始できたかで評価する。

⑥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)

→学生を招聘し、指導体制が確立できたかで評価する。

⑦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どうかで評価する。

⑧一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)

→マスコミ発表 1 回以上、一般向け講演 10 回、移動展示 2 回開催できたかで評価する。

平成 30 年度

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。

平成 31 年度

1. 目標

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

2. 実施計画

①ゴビ砂漠西部において上部白亜系地層野外調査と堆積物試料の採取を行う。

→地質図及び柱状図の作成、分析に必要な試料の採取ができたかで評価する。

②堆積物試料の分析から地域内における層序、調査した 3 地域の堆積層の対比を行う。

→層序の対比が行えたかどうかによって評価する。

③LA-ICP-MS により骨化石中に生成した鉍物の U-Pb 年代測定を行う。

→年代が得られたかどうかで評価する。

④骨化石のイメージング分析から、骨の形成、成長、化石化に伴う元素移動について検討を行う。3 地域の結果を比較し、元素移動モデルを一般化する。

→骨形成・成長モデルや化石化に伴う元素移動モデルの一般化ができたかで評価する。

⑤化石と現生の動物骨標本の CT 画像を取得し比較する。

→化石病理標本の比較組織学的検討、地域間の比較ができたかによって評価する。

⑥モンゴル足跡化石と国内の現生動物足跡を比較解析する。また、骨化石の組織

学的なデータを現生の骨組織データと比較検討する。

→組織学的・生痕学的・系統分類学的なデータの取得と比較解析の進捗で評価する。

⑦博物館において、一般向けイベントを企画実施する。また、研究成果の貸出用展示キットを作り、全国の希望する博物館へ貸し出す。(次年度も継続)

→博物館イベントの実施状況、展示キットの貸し出し状況によって評価する。

平成 32 年度

1. 目標

これまでの研究をまとめて総括する。堆積物試料の分析結果をもとに調査を行った 3 地域の層序の対比を行う。恐竜化石の直接年代を含めて、モンゴル恐竜産出層の年代の推定を行う。それを踏まえて、北米の恐竜と比較対比、白亜紀環境変動と恐竜の繁栄・衰退との因果関係の推定を行う。古生物に関する国内学会および本学主催の国際シンポジウムを開催し、最終報告書を作成する。

2. 実施計画

①前年度に採取した試料、測定結果について分析を完了する。

→すべての試料、データについて分析、解析が完了したかどうかによって評価する。

②これまでに得られたデータと、他地域のデータを比較・検討し、白亜紀環境変動を議論し、恐竜の進化・衰退に対する環境変動の影響を推定する。

→地層の国際対比、白亜紀環境変動や恐竜進化への環境変動の影響が明らかにできたか

で評価する。

③組織学・生態学的なデータ処理を進め、「生物としての恐竜」の詳細を明らかにする。

→恐竜の生態・生理・進化について新しい知見が得られたかどうかで評価する。

④日本古生物学会を誘致する。また、本学主催で恐竜に関する国際シンポを開催する。

→学会の年会・例会を誘致できたか、国際シンポを開催できたかによって評価する。

⑤最終報告書は、研究分野と広報・ブランディング分野の 2 分冊とし、後者は広報的成果をまとめる。

→報告書の作成によって評価する。

1.5 施設・装置・設備の整備

(1) 研究施設の整備の概要

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) 研究装置の整備の概要

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 $<30\mu\text{m}$ ）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) 研究設備の整備の概要

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*（平成 29 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に開催される運営委員会で検討した。また必要に応じて事務的内容に関する全体会議を開催した。年 3 回（28 年度は 1 回）の報告会を開催することとし、全員が出席して研究の進行状況について報告及び議論を行った。

本事業で設置される恐竜学博物館については、後述するように別の組織として運営を進めることとした。

次のように役割を分担して事業を進めた。中列が主担当、右列が副担当

全体総括部門		
全体統括	石垣	豊田/西戸/研究連携
予算管理	石垣	豊田/高橋/今山
定例報告会等企画運営	兵藤	西戸/豊田
年度末発表会	兵藤	西戸/研究連携
評価委員会対応	石垣	豊田/研究連携
チェックフローチャート・年間総括	西戸	豊田/研究連携
中間報告・最終報告	石垣	豊田/實吉/青木
専用ウェブ運営	能美	研究連携/實吉
記録取りまとめ、ウェブへの提供	豊田	今山/實吉/高橋
報告書作成	兵藤	小林/豊田
懇親会	小林	兵藤/今山
研究部門		
研究班班長	石垣	豊田/西戸/高橋/研究連携
地質学系（層序・堆積環境・年代など）		

物理・化学分析系研究とりまとめ	豊田	西戸/今山/青木
物理化学系装置	青木	兵藤/今山
モンゴル現地調査取りまとめ	石垣	實吉/林
レーザースキャナー	能美	石垣
古生物学系（各種化石の形態、組織など）		
生物系研究とりまとめ	高橋	辻極/林
モンゴル化石標本	石垣	實吉/林
X線C T	辻極	高橋/林
学内外広報部門		
広報班班長	能美	入試広報/石垣
一般広報活動・アウトリーチ	入試広報	能美/石垣
一般出版・マスコミ連携	入試広報	能美/石垣/豊田
学会誘致関連	石垣	高橋/實吉
国際会議・計画と実施	石垣	林/高橋
教育部門		
ゴビ砂漠学生教育プロジェクト	石垣	實吉/林
モンゴル連携・研究者・学生招聘	石垣	豊田/實吉/林
博物館	石垣	高橋/林/入試広報

青木博士（質量分析計担当の博士研究員、2017 年 12 月より）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／全体会議

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 28 年度

- 第 1 回 平成 28 年 12 月 14 日
- 第 2 回 平成 28 年 12 月 22 日
- 第 3 回 平成 29 年 1 月 17 日
- 第 4 回 平成 29 年 2 月 6 日
- 第 5 回 平成 29 年 2 月 28 日
- 第 6 回 平成 29 年 3 月 24 日

平成 29 年度

- 第 1 回 平成 29 年 4 月 26 日
- 第 2 回 平成 29 年 5 月 30 日
- 第 3 回 平成 29 年 6 月 20 日
- 第 4 回 平成 29 年 7 月 14 日
- 第 5 回 平成 29 年 9 月 7 日
- 第 6 回 平成 29 年 10 月 5 日
- 第 7 回 平成 29 年 10 月 26 日

- 第8回 平成29年12月5日
- 第9回 平成30年1月9日
- 第10回 平成30年1月30日
- 第11回 平成30年2月20日
- 第12回 平成30年3月6日(予定)
- 第13回 平成30年3月28日(予定)

全体会議

平成28年度

- 第1回 平成28年12月5日
- 第2回 平成29年2月6日

平成29年度

- 第1回 平成29年4月7日
- 第2回 平成30年3月6日(予定)

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28年度

- 第1回 平成29年2月28日

平成29年度

- 第1回 平成29年7月14日
- 第2回 平成29年11月23日
- 第3回 平成30年3月6日(予定)

研究報告会

2017年2月28日 9:00-10:00, 11:00-12:20

26号館1階セミナー室

総合司会 石垣 忍

挨拶 石垣 忍

モンゴル恐竜化石構成鉱物の特定と U-Pb 年代測定の可能性 西戸裕嗣(生物地球学科)

LA-ICP-MS の導入：研究プロジェクトにおけるその必要性 青木一勝(基礎理学科)

モンゴル恐竜化石の組織学的解析の試み 辻極秀次(臨床生命学科)

モンゴル恐竜サイトの調査と地質 實吉玄貴(生物地球学科)

モンゴル恐竜サイトの保護活動 ブーヴェイ・マインバヤル(モンゴル古生物学地質学研究所) ジャルガルサイハン・バトスフ(モンゴル古生物学地質学研

究所)

おわりに 石垣 忍

2017 年度第 1 回成果報告会

日時 2017 年 7 月 14 日 9:10-12:00

場所 D4 号館 1 階セミナー室

- 林 鎧竜の骨格とその成長について
今山 玄武岩の K-Ar 年代測定
豊田 ESR 測定の経過報告
兵藤 K-Ar 年代測定に向けて
小林 X 線回折の経過報告
青木 ジルコンの U-Pb 年代測定
西戸 骨化石の鉱物学的解析
実吉 今年度の調査予定地について
Khongil Tsav の層序・地質図 Shar Tsav 層序
高橋 化石研究の課題
石垣 足跡化石のレーザースキャナによる調査の予備実験
辻極 タンパク質の分析の経過報告
能美 博物館に向けての地形データの取得と今年度の広報計画

2017 年度第 2 回成果報告会

日時 2017 年 11 月 23 日 12:10-17:05

場所 D4 号館 1 階セミナー室

- 石垣忍 シャルツァフとハヴィルギーンブーツの竜脚類足跡化石
西村龍太郎 ドローン空撮及び 3D レーザースキャナーを用いた足跡化石の三次元記録
林昭次 ネメグト層から発見された堅頭竜類の新標本
小平将太 オルニトミモサウルス類の骨髄骨について
辻極秀次 現生生物における硬組織脱灰標本の赤外分光分析の試み
高橋亮雄 2017 年の調査で得られたゴビ産の爬虫類化石
實吉玄貴 2015 年・2016 年の地質調査概略
Buyantegsh・實吉玄貴・蔦永早也香 モンゴル南東部 Shar Tsav 周辺における層序と堆積環境
寺田智也 モンゴルゴビ砂漠東部 Khongil Tsav における層序と堆積環境
山本雄大 モンゴル産 Protoceratops のフリル形態と成長過程
吉越洸太郎 モンゴル産ワニ類化石の分類学的研究
Ganbat Geochemistry of Mesozoic Granites in Mongolia
今山武志・國府陽一郎 モンゴル ゴビ砂漠 Bayshin Tsav 火山岩類の全岩組成と K-Ar 年代
青木一勝 Baynshire 層砂岩のジルコン U-Pb 年代頻度分布の傾向
西戸裕嗣 恐竜化石構成鉱物の U-Pb 年代測定に向けての取り組み
豊田新 堆積層中の石英の ESR 測定の現状報告

小林祥一 ゴビ砂漠堆積岩(物)の鉱物組成 その2-Bayshin Tsav 地域のいわゆる Unit 2 堆積物について-

兵藤博信 Baynshire 層砂岩中長石 $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ 年代測定の進捗状況

能美洋介 恐竜研究ブランディング 2017 前半戦

石垣忍 あいさつ

2.4 年度末成果発表会

2017 年 3 月 12 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 29 年 3 月 12 日 (日) 10:00-14:00

会 場： 岡山理科大学 25 号館 8 階理大ホール

発表者： 柳澤康信学長、石垣忍、實吉玄貴、豊田新、高橋亮雄、能美洋介

参加者： 外部評価委員 7 名 ブランディング事業に関わる他の研究者
学内外の聴講者

平成 28 年度研究成果発表会 (10:00-12:00)

総合司会 石垣忍 (発表時間には質疑応答含む)

10:00-10:05 学長挨拶

岡山理科大学学長

柳澤康信

10:05-10:15 モンゴルにおける恐竜研究の意義

生物地球学部生物地球学科教授

石垣忍

10:15-10:35 モンゴルでの野外調査報告と今後の展開

生物地球学部生物地球学科講師

實吉玄貴

10:35-10:55 恐竜化石の年代測定に向けて

理学部応用物理学科教授

豊田新

10:55-11:05 休憩

11:05-11:25 恐竜の生態と生理

理学部生物地球学科教授

高橋亮雄

11:25-11:40 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 29 年 3 月 12 日（日） 12：00-14：00

出席は外部評価委員のみ 外部評価委員会司会 澤田順弘氏

外部評価委員 （7 名）

島根大学名誉教授	澤田順弘
鹿児島大学教授	仲谷英夫
元徳島県立博物館 館長	両角芳郎
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
岡山県生涯学習センター所長	岡本 啓
岡山シティーミュージアム館長補佐	小野田伸

次ページ以降に次の資料を示す。

配布資料一覧

自己点検評価表

外部評価意見

平成 29 年 3 月 12 日

私立大学研究ブランディング事業外部評価委員会
配布資料一覧

1. 外部評価委員名簿
2. ブランディング事業計画書（文科省提出分）
3. 成果報告会プログラム
4. 成果報告会発表要旨
5. 評価表
6. 論文・学会発表・新聞等掲載リスト
7. 導入済み及び導入予定機器の説明文
8. 博物館の構想について

平成28年度私立大学研究ブランディング事業評価表

委員氏名

	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 (お気づきの点や改善の必要な点について文章で記入願います)
1	地質層序の確立	ゴビ砂漠バイシンツァフ地域の 上部白亜紀系の野外調査と 堆積物供給源分析用の試料採取	野外調査を実施しバイシンツァフ地 域で層序が確立できたか 堆積物供給源分析用の試料を 採取できたか	2016年8月、バイシンツァフ地域の地質調査を実 施し、地質図を作図し層序を確立した。また、地 球化学的分析、および年代測定用試料を採取、 日本まで輸送した。	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	東部・南東部ゴビでのパイロット 試料の採取 物理化学的基礎測定の 実施と検討	パイロット試料を採取できたか 基礎測定の実施・検討ができたか	ゴビ砂漠東部および南東部の恐竜化石包含地層 及びその上下と思われる地層から合計104の岩 石試料を採取した。堆積層の対比を行うための 基礎的なCL及びESR測定を行った。明確に対比 に使用できる指標を作成するには至っていない が、少なくともCLについては有望であると結論を 得ることができた。	80%		
3	新たな化石標本の探査と 研究・既存化石の研究	バイシンツァフ・シャルツァフ地域の 調査 林原―蒙隊標本の整理方針確定	調査が実施できたか 化石が採集できたか 標本整理方針が確定できたか	野外調査で卵と巣化石・部分骨格化石、足跡化 石等を発見。石膏ジャケット28個、表採標本28袋、 凸型足跡化石74個を採集した。2017年1月にモン ゴルで林原―蒙隊標本を日蒙で確認し整理の方向 性を合意した。	95%		
4	骨微細組織分析用化石試 料の作成	組織分析用化石の選定	組織分析用の化石の選定ができた か	2016年8月の発掘で得られた化石から組織分析 用切片27点を作成した。これらについて予備実験 を行い、今後の研究を進めるうえで適当な部位を 選定することができた。	95%		
5	新規研究設備の導入	各分析機器の導入・整備	各分析機器導入・整備に向けて予 定通り作業を進めることができたか	X線CTスキャナ、3Dレーザースキャナーが納品さ れ、動作を確認した。カソードルミネッセンス分光 システムは3月末、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データシステムについ ては3月中旬に納品予定である。	100%		
6	IGP研究員の招聘と モンゴルとの 協力契約推進	IPG研究員の招聘と 協力契約推進	IPG研究員の招聘できたか 協力契約締結の段取りができたか	IPG研究員を二名を一か月間招へいして共同研 究や機器使用の訓練をすることができた。 協力契約のリニューアルに向けて原文を完成し、 モンゴル側と協議を進めた。	100%		
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 論文の公表は、順調に進んでいる か	3件の論文、著書1件を公表し、4件の国際学会発 表、2件の国内学会発表を行った。	85%		
8	恐竜学博物館の 設立準備	基本構想検討スケジュール作り	基本構想を検討するスケジュール と準備ができたか	基本的なスケジュールを作成した。建築関係者 及び展示業者(複数)と打合せを行い、基本構想 の案を作成した。	85%		
9	ブランディングー 学内の推進体制の確立	運営委員会の設置 推進体制の確立	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	5名の構成員による運営委員会を組織し、概ね 3週間ごとに5回の会合を開き、事業推進体制や 定例報告会・公開シンポジウムの実施法などに ついて議論した。 また、本事業の広報体制を再検討し、設置予定 の恐竜研究博物館を核とした広報体制につい て、本学研究推進会議(議長:学長)で確認した。 定例報告会を2回(11月、2月)開催した。年度末 発表会・評議委員会・公開シンポジウムを開催し た(3月12日)。	100%		
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	学生指導や講義での利用状況 講演会や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	講義や展示で学生に成果を還元した。対外的に は講演会は20回以上、新聞・雑誌・放送での取り 上げは40件以上を達成した。Webページを公開し た。公開シンポジウムを開催した。	120%		

総合評価 右の欄の記号に○印をしてください。 A::目標以上に成果を上げている B::ほぼ目標通り成果を上げている C::成果が不十分であり、いくつかの改善が必要である D::大幅な改善と努力が必要である	A・B・C・D	総合コメント(お気づきの点や改善の必要な点について文章で記入願います)
--	---------	-------------------------------------

岡山理科大学の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 29 年 3 月 18 日 外部評価委員会

岡山理科大学から本事業の平成 28 年度事業実施状況の説明を受けるとともに、平成 29 年 3 月 12 日に開催された平成 28 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

- ①本事業は恐竜研究をメインに据えた国内唯一の大学主導の一大プロジェクトである。
- ②林原自然科学博物館のモンゴルにおける恐竜を主たる対象とした約 20 年間にわたる共同研究実績を引き継ぐものである。
- ③岡山理科大学と恐竜の宝庫ともいうべきゴビ砂漠における研究を進めているモンゴル科学アカデミーとの協定に基づく国際共同研究である。
- ④化石の形態、組織、構造、生痕などによる古生物生態を総合的に解明しようとする研究である。
- ⑤白亜紀後期の地層において、カソードルミネッセンス分析、顕微ラマン分光分析、レーザーアブレーション ICP-MS 分析などにより、化石そのものの放射年代（主に U-Pb 法）を測定しようとする世界初のチャレンジングな研究である。
- ⑥本事業は恐竜化石そのものの研究のみならず、そのバックグラウンドとしての地質環境、棲息環境の研究をあわせて行おうとする研究である。研究対象地域であるゴビ砂漠における上部白亜系は放射年代による堆積時代の決定に使用できる火山性物質（テフラや溶岩等）などの鍵層を含まない。また白亜紀はスーパークロンの時代であり、古地磁気層序による編年も活用できない。このような地域における上部白亜系について堆積相の推定、堆積物や構成鉱物の化学的特性を明らかにすることにより、地層対比を試みる研究である。
- ⑦若手を中心とした人材育成、国際交流を通じての人的交流など後継者の養成プログラムの充実、大学のプロジェクトとしての教育プログラムの充実などが図られる。

結論的には本事業のテーマや計画は非常にユニークで有意義なものであり、大いに発展させる必要がある。

2. 平成 28 年度目標と実績に対する評価

大学から提出された「平成 28 年度私立大学研究ブランディング事業評価表」に基づき、目標 1～10 の各項目について評価する。

なお、本事業が採択されたのは平成 28 年 11 月であり、平成 28 年度の実施状況は時間的な制約を受けたものである点も考慮した。

【目標 1】評価：A（90%）本事業が採択される前から岡山理科大学のバックアップの下で、先行的にモンゴルの予察的な現地調査とパイロット試料の採取が行われた。初年度の成果とともに

に、今後の調査の方向性や課題が示されている。しかし、まだ層序が確立したという段階ではなく、あくまでも予察的な段階である。

【目標2】評価：B(80%) パイロット試料は採取されたが、予察的な分析の実施が不十分。地層の対比が困難な対象について新たな手法で行おうとする努力は評価される。

【目標3】評価：A(90%) 現地調査と化石の採取は実施された。標本整理の課題はモンゴル側の問題もあり、これからの課題である。化石試料が大量であるので、今後、人的な保証ができるのか課題として残る。

【目標4】評価：A(90%) 計画どおり実施された。

【目標5】評価：A(90%) 時間的な制約があり、現時点で未納入な機器があり、それらの性能については未知の部分を残している。機器導入後、良いデータが出せるかどうかは鍵になる。

【目標6】評価：A(100%) 計画どおり研究員が招聘され、モンゴルとの協力契約の協議が行われた。

【目標7】評価：B(80%) 本事業は始まったばかりであり、本年度に多大な学問的成果を求めないが、査読付きジャーナルに投稿できるような成果を期待する。また、HP などを通じて成果が公開されることが望ましい。

【目標8】評価：A(85%) スケジュールだけでなく、運用やソフトについての将来構想を策定する必要がある。人的体制についても詰めていく必要がある。平成29年7月に工事発注するには内容の決定までのスケジュールがかなりタイトである。

【目標9】評価：A(90%) 学内体制は短期間で整備されたと思う。人的な体制はできたと思うが、機能的に体制が確立されたかどうか。地域に向けた取り組みをもう少し考慮すべきである。

【目標10】評価：A(100%) 達成されている。自己評価120%は「自分を褒めてやりたい」的感觉であり、「やりすぎ」という評価もありうる。

3. 平成28年度および次年度以降の事業の課題に対するコメント

平成28年度は初年度で、しかも事業採択が決定された時期が昨年11月だったこともあって、計画の遂行には時間的な制約があった。しかし、岡山理科大学の事業計画へのバックアップが年度当初からあり、モンゴルへの調査や試料採取、モンゴル科学アカデミーとの交流等助走によって計画を順調に進ませることができた。

以下に次年度以降に本事業を進めていく上での課題等について述べる。

(1) 研究上の課題

●本事業の特徴の一つに「1. 事業の特徴と意義」の⑤⑥がある。この研究が首尾よく達成されるかどうかはこの事業の成否に係わってくる。その展望（成果の可能性）について検証すべきである。⑥については古生物が死亡した時期にストップウオッチが押されたことを示す放射性元素を含む領域を化石中で確定することができるかどうか。Uの起源として続成作用の過程での混入を排除し、初生的であるという根拠を確立すべきである。

●堆積物の対比には堆積物や構成鉱物のキャラクタリゼーションが不可欠である。いうまでもなく堆積物には給源物質→風化・はく奪→運搬→堆積→続成の諸過程がある。これらの過程を考

慮して、対比に必要な地層のキャラクター化が行えるかどうか検証する必要がある。

- ゴビ砂漠は安定した堆積環境を示しているので、堆積物中のジルコン年代は必ずしも堆積年代を示すものではないが、層序の対比に重要となる可能性はある。

- 生物進化史上での恐竜研究の位置づけ、世界の恐竜化石の中でのモンゴル化石の位置づけ、恐竜を中心とした古生物の他地域、特に中国や北米との比較検討が必要になる。

- 恐竜化石の組織学的研究は恐竜の成長過程の解明に貢献するため極めて重要である。

- 恐竜学分野のみならず、これまで行ってきたモンゴルの古生物学、地質学、岩石学、構造地質学、年代学などの分野について本事業メンバー以外の関係者との共同研究も進め、成果をあげることが望ましい。

- 標本や野外調査については林原自然科学博物館時代の研究成果や遺産が活用できると思う。

- 極限の地での作業にはロジスティックのサポートが欠かせない。予算の効率的な運用の中で、より良い調査や化石発掘環境を整備することが望まれる。

（２）調査・研究課程の記録保存の課題

- 野外での調査・研究過程の記録、特に映像記録を残すことが望まれる。ドローンなどの最新の機器を用いた撮影も有効である。

（３）研究機器に関する課題

- レーザーアブレーション ICP-MS 分析機は本事業の目玉となる機器なので、補てん的でも完成度の高い機器とすべきである。

- 本事業で導入される多種多様な分析機器は恐竜研究以外でも活用できるので、広く利用できる体制をつくってほしい。

（４）人的体制の課題

- 学内の推進体制は短期間でよく整備されたと思うが、２年目以降が実質的な活動になるので、良い成果が出ることを期待する。

（５）人材育成・教育の課題

- 若手研究者や学生が現地調査に参加できる機会を持てたことは大きな意義がある。本事業が次世代育成につながる活動であってほしい。

- 学生への教育、卒論、修論、博論の指導方針について検討するとともに、卒業・修了後の就職についても考えていく必要がある。

（６）成果の公開、展示や博物館に関する課題

- 博物館に関して、今後、実施計画や実施設計へと進む際に、年次目標を 100%達成していかなないとスケジュールが延び延びになっていく危惧がある。

- 標本について研究をすすめることはもちろんのこと、展示公開の資・試料、教材としての活用も考えてほしい。一般の人々の興味、関心、探求心に訴えかけ、科学の楽しさを一般の人々に伝える接点として貢献することを期待する。学外展示が可能となる持ち出しサンプルのパッケージ化が望まれる。

- 広報についてデザインに専門性を持った人の助言がほしい。

- 調査に参加した学生による小・中学校、高校への出前授業的な企画も考えてはどうか。

●博物館展示で小さくとも常設の場所があるのが望ましい。岡山理大内での展示を行いながら学外でのサテライト的な展示も行ってはどうか。サテライト展示として、例えば JR 岡山駅、岡山空港などがあげられる。

（７）地域貢献の課題

●多彩な「知」の集積の場である大学がモンゴルの恐竜を核にした国際的な研究拠点を目指すことに、地域は大きな期待を持っていると思う。そのためにはより手厚い人員体制、地域貢献度も問われると思う。また、５年間の事業ではあるが、その後の 10 年、20 年という将来構想づくりにも着手してもらいたい。

●恐竜は一般的に、特に子供たちにとって関心が高い分野である。恐竜学が理科教育の向上や科学への関心を高めるために如何に貢献するのかという視点を持ちながら事業を進めてほしい。

（８）モンゴルとの関係

●モンゴル科学アカデミー 古生物学地質学研究所(以下「IPG」と略す)との交流はこの事業だけでなく、モンゴルの科学や教育の発展に寄与するため非常に重要である。研究成果がモンゴル国に貢献することを期待する。

●モンゴル側の研究作業にも積極的貢献を進めるべきである。

●IPG での恐竜化石等へのアクセスを容易にするような援助（例えば棚の設置）についても検討してほしい。例えば本事業以外の資金（例えば ODA、JICA）の活用など。

（９）メディアとの関係

●マスメディアの連続取材（同行取材）の体制が常にできれば面白い。

●メディアを巻き込むには「キーワード」「単純化」が重要な要素となる。「キーワード」「単純化」によって科学的事実が誤解されるなどのリスクもあるが、一般の人々に訴えかけ、かつ誤解を招かないような巧みな表現を考えるべきである。

４．来年度以降の評価項目の整理

今年度の評価は提出された文書に従って行われた。来年度以降の事業の目標、実施計画、実施状況等の項目区分に意見を述べる。

●「目標」ではなく課題ではないか。

●来年度は２年目であり、今年度と課題が異なってくる可能性はあるが、今年度を参考にすると以下の通りである。

「目標」（課題）を整理し直す必要があると思われる。１の地質層序の確立の中から試料採取を除き、別の項目にする。２は物理化学的基礎測定の項目とし試料採取は別にする。７と 10 は「研究成果の公表」とし、その中に専門分野での公表と普及的な意味での公開として分けて述べる。大学での教育は別項目として扱う方が良い。

●「実施状況」の中に評価に当たる記載が入っているが、実施状況と評価は分けるべきである。

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で産出した普段は見ることのできない珍しい恐竜化石と骨格レプリカ、及びモンゴルの発掘現場の写真を多数展示した。この一般向け講演には各年齢層にわたる 150 名あまりの参加者があった。青木講師が、恐竜が闊歩していた時代のモンゴルの環境および地質学的な意味を説明し、石垣教授が昨年のモンゴル調査で見つかった大きな足跡を残した草食恐竜について報告した。特別講師の北海道大学総合博物館の小林准教授からは草食恐竜を餌にしていたと思われる肉食恐竜の生態について迫力のあるビデオを交えた説明があった。モンゴル地質古生物学研究所研究員マインバヤル氏から現地での化石の保護状況と今後の計画についての説明がなされた。最後にモンゴルでの野外調査の様子や発掘の際のエピソードを交えた座談会があり、聴衆から回収したいいくつかの質問に対して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 「恐竜時代のモンゴルと地球環境」

日 時： 平成 29 年 3 月 12 日（日）14：00－16：40

会 場： 岡山理科大学 25 号館 8 階理大ホール

プログラム

		総合司会	石垣忍
14：00－14：10	学長挨拶 岡山理科大学 学長		柳澤康信
14：10－14：30	モンゴルの地質と大陸古地理図 岡山理科大学 理学部講師		青木一勝
14：30－14：50	世界最大級の足跡はだれがつけたのか？ 岡山理科大学 生物地球学部教授		石垣忍
14：50－15：05	モンゴルの恐竜産地とその保護 モンゴル古生物学地質学研究所研究員 ブーヴェイ・マインバヤル		
15：05－15：15	休 憩		
15：15－16：00	巨大植物食獣脚類の進化と生態：モンゴル恐竜の重要性 北海道大学総合博物館准教授		小林快次
16：10－16：45	パネルディスカッション 「フィールドで何を読み取るのか」 司会 岡山理科大学 生物地球学部講師		實吉玄貴
16：45－16：50	おわりに 恐竜研究ブランディング事業リーダー		石垣忍

3. 研究活動報告

3.1 研究拠点の整備

研究拠点として必要となる研究設備を平成 28 年度に 4 点, 研究装置を平成 29 年度に 1 点, 研究施設として恐竜学博物館を平成 29 年度に整備した. 研究設備及び研究装置は次の通りである (恐竜学博物館は後述).

- ・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(LA-ICP-MS)システム
- ・X 線 CT スキャナー
- ・3D レーザースキャナー
- ・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および PC データシステム

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 (LA-ICP-MS) システム

本ブランディング事業では、地質・岩石系の研究として、含化石層準の堆積年代や化石そのものの化石化年代の制約、堆積システムの復元、大陸古地理図の観点からみたモンゴル地質史の位置づけ、などの研究を専門分野の異なる教員同士が密に連携し行っている。今年度は、上記研究をさらに進めるため、鉱物の放射性同位体 U-Pb 年代分析、岩石・鉱物の微量元素分析、元素イメージング分析などを可能とする LA-ICP-MS システムを導入した。このシステムは、(1) 質量分析装置、(2) レーザー照射装置、(3) 酸処理装置の 3 つのパートで構成される。このシステムの特徴は、試料に直接ビームを照射・アブレーションすることで、微小領域（数～数十 μm 以下）での元素濃度・同位体

比測定を可能とすることである。また、高空間分解能の元素イメージングも可能なため、試料におけるターゲット元素の分布的特徴も可視化できる。そのため、微小領域での分析点選定が可能になり、その領域における信頼性の高い年代値や元素濃度がダイレクトに得られる。一方、微小領域の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データが得られない時や全岩における微量元素測定などの際は、試料を分解・溶解した溶液サンプルや、それらを固化させたビードサンプルを分析することで、感度・精度の高い分析データを得ることも可能である。

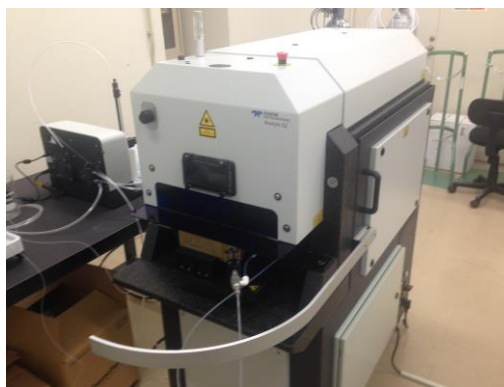
システム構成は以下の通りである。

岡山理科大学 LA-ICP-MS システム構成装置

- (1) 質量分析装置：Thermo Scientific 社製 iCAP-RQ (オートサンプラー付)
- (2) レーザー照射装置：Photon Machines 社製 エキシマレーザー Analyte G2
- (3) 酸処理装置：BLTEC 社製 全自動前処理装置 DEENAI (60 ポジション)



(1) iCAP-RQ (オートサンプラー付)



(2) エキシマレーザー Analyte G2



(3) 全自動前処理装置 DEENAI

X線 CT スキャナー 日立 ラシータ LCT-200



装置の概要

X線によって非破壊かつ三次元で、脊椎動物の骨などの標本の内部構造データを取得することができる。骨の微細組織や絶滅動物の脳幹の解析を行うことができる。これらにより、絶滅・現生動物の生態・生理の復元ができると期待できる。

3D レーザースキャナー

発見されたり発掘された恐竜の骨化石や足跡化石などの空間情報の取得、もしくは地質調査地点を詳細に記載したり、地形図が準備できない調査サイトの地形図を作成する目的でレーザースキャナーを導入した。

導入した機材は、FARO 社の Focus3D X130 で、130m までの中距離用地上型レーザースキャナーである。サイズは 24cm×20cm×10cm、本体重量は約 5kg と小型軽量化されているため現地調査への持ち出しが容易である。測定速度は最大 976000point/秒で、位置情報の取得と同時に測定点の色値も取得できる。垂直方向・水平方向の解像度は 0.009°であり、詳細な点群データを取得できる。

点群データの処理及び地形モデルの作成は、付属の専用解析ソフト Scene を利用する。Scene では複数地点でスキャンされた点群データを接合したり、3D 地形モデルの表示、距離測定などができる。



図 1. ゴビ砂漠ホンギルツァフにおける地形調査に使用中の FARO Focus3D



図 2. 足跡化石の 3D 地形モデル

カソードルミネッセンス分光システム

カソードルミネッセンス (Cathodoluminescence: CL と略す) は、加速電子を物質に照射した時に放出される発光現象である。この発光が生じる過程は、結晶構造や内在する構造欠陥ならびに不純物元素の存在などに大きく依存し、他の分析手段では得られない貴重な情報を提供してくれる。本事業で対象とする恐竜骨をつくる鉱物 (アパタイト) は、元の組織を反映し変化に富む微細な構造をもつため、電子線をミクロンオーダーに絞ってビームとして使う走査型電子顕微鏡カソードルミネッセンス (Scanning Electron Microscopy Cathodoluminescence : SEM-CL) が必要不可欠な研究手段となる。平成 28 年度に設置されたカソードルミネッセンス分光システムは、SEM 本体には既に稼働している日本電子社製 JXA-8230 を用い、CL 像を撮影するためのパングロ CL イメージングシステム (XM-26740PCLI) およびスペクトルを計測する CL 分光システム (XM-Z10009TMCL) を装着した構成からなり、JXA-8230 が有する EMPA (EDS, WDS) と連携できる機能を有する。

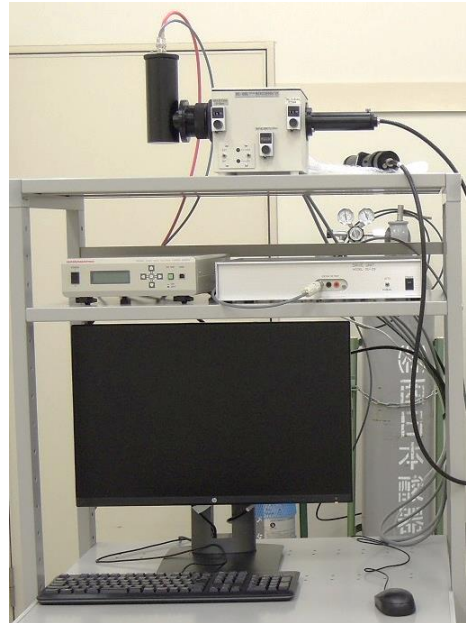
CL イメージングシステムにおいて、専用のリレーレンズは OML ポートを通して試料室内の電子線照射直下へ配置し、発せられる CL を光電子増倍管により直接受光する。検出部には、フィルダーホルダーを配し、各種フィルターを用いバンドパス測光を可能としている。光電子増倍管には、R3896 のサイドオン型が採用されている。これはマルチアルカリタイプの検出器であり、比較的広い感度特性を有し、各種鉱物からの発光色に対応できる CL イメージングができる。作動距離 (WD) は 11mm と長く、電子線走査時の最大視野は約 2.5mm×約 2.5mm と広い。リレーレンズの焦点は、OM の焦点距離と合わせてあり、SEM 側から通常の光学調整法により、CL の焦点調節を容易に行える。CL 像は、二次電子像、反射電子像あるいは OM 像を見ながら、目的とする試料位置を視野に入れ画像としてデジタル保存できる。CL 発光強度の調整は、SEM の操作部から行うことができ、光電子増倍管からの信号の増幅度を制御し、さらに照射電流を調節することにより最適な画像を取得する。



CL イメージングシステム部
(XM-26740PCLI)

CL 分光システムは、JXA-8230 本体側の OM 反射ミラーを使用して集光することにより、EPMA の通常の分析位置で CL スペクトルの測定が可能であり、特別な光学的な光軸調整を必要とせず、操作性は大変よい。分光計は、作動距離 (WD) : 11mm、コリメーター焦点距離 : 100mm ($f = 3.0$)、波長選択方法 : サインバー方式 (波長リニア)、スリット : 両開き可変式、波長表示カウンター : min 1nm、波長駆動 : パルスモーター、回折格子 : 1,200line/mm-400nm ブレーズ、検

出器：光電子倍增管（R955P サイドオン型）から構成されている。なお、ゼロ次反射鏡を配しパングロ CL を取得している。OM ポートから取り出された CL 光は、石英ガラス製のファイバーを用いて分光部へ導入され、入射スリットを用い光量が調節されて、回折格子またはゼロ次反射鏡へ光路が切り替えられる。また、回折格子の高次光や特定は長の光を遮蔽するため、U330 (250-397nm)、L37 (380-699nm)、R64 (700-1,200nm)の3種のフィルターが用意されている。回折格子の駆動の制御や CL スペクトルの測定には、PC (Windows7) から専用のプログラム (JMCL) を用い、フォトンカウンティングにより波長ごとの発光スペクトル強度をデジタル記録する。しかし、集光系 (OM レンズ)、光路系 (ファイバー、スリット、ミラー)、回折系、検出系を通り、この過程で CL 光特性に変化を生じる。したがって、全経路を含めた感度補正が必要であり、現在取り組んでいる。



CL 分光システム部
(XM-Z10009TMCL)



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 および PC データシステム

本プロジェクトでは、堆積物の主要構成鉱物である石英に見られる電子スピン共鳴 (ESR) 信号を用いて、各堆積層を特徴化することにより、離れた地域間の層序の同定を試みることにしている。

本学の総合機器センターには日本電子製 JES-PX2300 電子スピン共鳴測定装置が備えられているが、導入から 16 年が経ち、測定感度は最新のものではない。しかし、マグネットなどの部分はほとんど劣化することがないため、信号の検出部分となるマイクロ波ユニット、及び、システムが新しくなっているデータ処理ユニットを交換することで、最新の装置と同様の性能で計測ができる。このため、本事業費によって、マイクロ波ユニット及びデータシステムを更新した。

電子スピン共鳴は、内径 5mm の石英ガラスの試料管に封入した試料を、磁場の中に置き、吸収されるマイクロ波を検出することで測定を行う。石英中に含まれる不対電子をもつ安定な常磁性格子欠陥を計測することで、堆積物石英の特徴化をはかる。



更新したマイクロ波ユニット



データシステム



ESR 測定装置全体

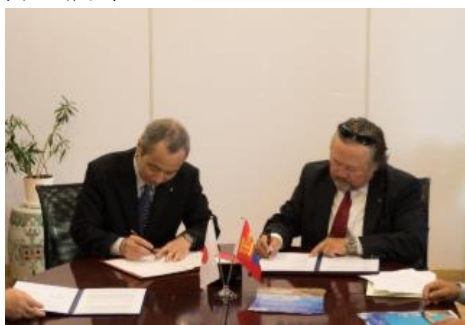
3.2 国際交流

3.2.1 モンゴル科学アカデミー古生物地質学研究所との共同調査覚書の締結

本学は2012年度にフィールドワークに基づく教育・研究を中心とした生物地球学部を発足させた。また、2013年に岡山の林原自然科学博物館(以下 HMNS と呼ぶ)が親会社の経営危機によって閉鎖された際、HMNS の所有する恐竜標本・研究事業・研究者を本学が承継した。これは、日本地質学会や日本古生物学会、日本博物館協会、国際古脊椎動物学会、岡山の地元団体などの HMNS 事業存続と標本散逸防止に関する強い要望があったためである。さらに、2014年度より生物地球学部内に「恐竜古生物学コース」を設置し、学生が学部から大学院まで本格的に恐竜を学ぶカリキュラムを用意し、研究教育体制を整えた。また、モンゴル科学アカデミー古生物学地質学研究所(以下 IPG と略)と本学で恐竜に関する共同調査覚書を締結し、同コースの学生と教官は2015年8月よりモンゴルゴビ砂漠での恐竜化石発掘に関わる共同調査を実施している。

これらの経緯を踏まえ、岡山理科大学と IPG の間で、2017年8月22日に共同調査覚書を再度締結した。この共同調査覚書は、岡山理科大学と IPG との間のこれまでの覚書を2020年まで延長し、本ブランディング事業に関わる恐竜研究の共同調査を推進することを目的とした。さらに、ブランディング事業を活用し、両国間の若手研究者の往来を積極的に推進する。

協定書の調印式



協定書のコピーを次ページ以降に示す。

3.2.2 モンゴル科学アカデミー古生物地質学研究所研究員の招聘と共同研究

上記協定に基づいて、年間 4 名の研究員を招き、本学において次のように共同研究を行った。

平成 29 年 2 月 14 日～3 月 15 日

MAINBAYAR Buuve (Researcher, IPG)

Shar Tsav 周辺に分布する恐竜足跡化石の記載と分類作業 (石垣)

BATSUKH Jargalsaikhan (Researcher, IPG)

採取試料を用いた鉱物化学的分析 (西戸・豊田・青木・今山)

平成 29 年 11 月 3 日～11 月 30 日

BUYANTEGSH Batsaikhan (Researcher, IPG)

Shar Tsav 周辺の岩相層序解析および古環境復元 (実吉)

GANBAT Bayaraa (Researcher, IPG)

モンゴル基盤岩類の年代測定試料の作成および分析 (青木・今山・実吉)

平成 30 年 3 月 2 日～3 月 30 日

CHINZORIG tsogtbaatar (Researcher, IPG)

オルニトミムス類の骨組織学的研究 (林・辻極)

PUREVSREN Byambaa (Researcher, IPG)

モンゴル上部白亜系より産出する爬虫類化石の分類学的研究 (高橋)

3.3 現地調査・国際共同研究

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。

2016 年調査

参加教員 ; 6 名

- 1) Shinobu ISHIGAKI (Professor, OUS)
- 2) Shin TOYODA (Professor, OUS)
- 3) Takeshi IMAYAMA (Associate Professor, OUS)
- 4) Akio TAKAHASHI (Associate Professor, OUS)
- 5) Kazumasa AOKI Kazumasa (Lecturer, OUS)
- 6) Mototaka SANEYOSHI (Lecturer, OUS)

参加学生 ; 3 名

- 1) Hitomi ASAI (Graduate students, OUS)
- 2) Sayaka TSUTANAGA (Under graduate students, OUS)
- 3) Kohei FUJII (Under graduate students, OUS)

モンゴル側 ; 14 名

- 1) MAINBAYAR Buuve (Researcher / Car (Land Cruiser) driver, IPG)
- 2) ULZIITSEREN Sanjaadash (Collection manager, IPG)
- 3) BAYARDORJ Chagnaa (Preparator / car (Pajero) driver, IPG)

- 4) BUYANTEGSH Batsaikhan (Researcher, IPG)
- 5) BATSUKH Jargalsaikhan (Researcher, IPG)
- 6) PUREVSREN Byambaa (Researcher, IPG)
- 7) AMARZAYA Sodnomtsog (Cook)
- 8) MUNKHNASAN Mungun (Track (Kamaz) driver)
- 9) BURENDELGER Boldoo (Car (Land Cruiser) driver)

【8月調査（8月9日～9月2日）】

8月9日

- ・ Ulaanbaatar 着（高橋・実吉・学生2名）.

8月10日

- ・ Ulaanbaatar にて準備作業（高橋・実吉・学生2名）.

8月11日

- ・ Ulaanbaatar にて準備作業（高橋・実吉・学生2名）.
- ・ Ulaanbaatar 着（石垣・今山・青木）.

8月12日

- ・ Ulaanbaatar 発, Khongil Tsav 着（高橋・実吉・今山・青木・学生2名・モンゴル側2名）.
- ・ Ulaanbaatar 発（石垣・モンゴル側7名）

8月13日

- ・ Khongil Tsav 地質調査, 化石発掘調査（高橋・実吉・今山・青木・学生2名・モンゴル側2名）.
- ・ Bayshin Tsav 着（石垣・モンゴル側7名）

8月14日

- ・ Khongil Tsav 発, Burkhan・Baynshire 地質調査, Bayshin Tsav 着（高橋・実吉・今山・青木・学生2名・モンゴル側2名）.
- ・ Bayshin Tsav 化石発掘調査（石垣・モンゴル側5名）.

8月15日

- ・ Bayshin Tsav 化石発掘調査, 地質調査（石垣・高橋・実吉・今山・青木・学生2名・モンゴル側6名）.

8月16日

- ・ Khavirgiin buuts大型足跡化石調査, Bayshin Tsav WestおよびShar Tsavの化石発掘調査（石垣・高橋・実吉・今山・青木・学生2名・モンゴル側7名）.

8月17日

- ・ Amtgai (south, central) 化石発掘調査（石垣・高橋・モンゴル側4名）.
- ・ Bayshin Tsav周辺地質調査（実吉・今山・青木・学生2名・モンゴル側3名）.

8月18日

- ・ Urlibe Khuduk 化石発掘調査, 地質調査（石垣・高橋・実吉・学生2名・モンゴル側7名）.
- ・ Bayshin Tsav周辺地質調査（今山・青木・モンゴル側1名）.

8月19日

- ・ Bayshin Tsav 化石発掘調査, 地質調査（石垣・高橋・実吉・今山・青木・学生2名・モンゴル側6名）.

8 月 20 日

・ Khorai Tsav および Bayshin Tsav West 化石発掘調査（石垣・学生 1 名・モンゴル側 4 名）.

・ Bayshin Tsav 発, Ulaanbaatar 着（実吉・今山・高橋・青木・学生 1 名・モンゴル側 3 名）.

8 月 21 日

・ Bayshin Tsav および周辺地域化石発掘調査（石垣・学生 1 名・モンゴル側 4 名）.

・ Ulaanbaatar にて撤収作業（青木）.

・ Ulaanbaatar 着（豊田・学生 1 名）

・ Ulaanbaatar 発（実吉・高橋・今山・学生 1 名）.

8 月 22 日

・ 雨のため Camp にて化石整理作業（石垣・学生 1 名・モンゴル側 4 名）.

・ Ulaanbaatar 発, Bayshin Tsav 着（豊田・青木・学生 1 名・モンゴル側 1 名）.

8 月 23 日

・ Khavirgiin buuts 大型足跡化石調査, Bayshin Tsav West および Shar Tsav の化石発掘調査（石垣・学生 1 名・モンゴル側 3 名）.

・ Shar Tsav 地質調査（豊田・青木・学生 1 名・モンゴル側 2 名）

8 月 24 日

・ Khorai Tsav 化石発掘調査, 地質調査（石垣・豊田・青木・学生 2 名・モンゴル側 5 名）.

8 月 25 日

・ Bayshin Tsav, Khavirgiin buuts, Shar Tsav, Khorai Tsav の化石発掘調査, 地質調査（石垣・豊田・青木・学生 2 名・モンゴル側 5 名）.

8 月 26 日

・ Bayshin Tsav, Bayshin Tsav West 化石発掘調査（石垣・豊田・青木・学生 2 名・モンゴル側 5 名）.

・ Bayshin Tsav 発（石垣・豊田・青木・学生 2 名・モンゴル側 7 名）.

8 月 27 日

・ Ulaanbaatar 着（石垣・豊田・青木・学生 2 名・モンゴル側 7 名）.

8 月 28 日

・ Ulaanbaatar にて撤収作業および標本調査（石垣・豊田・青木・学生 2 名）.

8 月 29 日

・ Ulaanbaatar にて撤収作業および標本調査（石垣・学生 1 名）.

・ Ulaanbaatar 発（豊田・青木・学生 1 名）.

8 月 30 日～9 月 1 日

・ Ulaanbaatar にて撤収作業および標本調査（石垣・学生 1 名）.

9 月 2 日

・ Ulaanbaatar 発（石垣・学生 1 名）.

2017 年調査

【8 月調査（7 月 25 日～9 月 4 日）】

参加教員 ; 8 名

- 1) Shinobu ISHIGAKI (Professor, OUS, Leader of the Japanese side)
- 2) Hirotsugu NISHIDO (Professor, OUS)
- 3) Shin TOYODA (Professor, OUS)
- 4) Yosuke NOUMI (Professor, OUS)
- 5) Akio TAKAHASHI (Associate Professor, OUS)
- 6) Kazumasa AOKI (Lecturer, OUS)
- 7) Mototaka SANEYOSHI (Lecturer, OUS)
- 8) Shoji HAYASHI (Lecturer, OUS)

参加学生 ; 13 名

- 9) Hitomi ASAI (Graduate student, OUS)
- 10) Sayaka TSUTANAGA (Graduate student, OUS)
- 11) Daichi KATO (Undergraduate student, OUS)
- 12) Tomoya TERADA (Undergraduate student, OUS)
- 13) Yusuke NITTA (Undergraduate student, OUS)
- 14) Shohei KODAIRA (Undergraduate student, OUS)
- 15) Toshiki MIYAZAKI (Undergraduate student, OUS)
- 16) Yudai YAMAMOTO (Undergraduate student, OUS)
- 17) Kotaro YOSHIKOSHI (Undergraduate student, OUS)
- 18) Ryoichi KAWABATA (Undergraduate student, OUS)
- 19) Hidenao MURAKI (Undergraduate student, OUS)
- 20) Ayumu KAWABATA (Undergraduate student, OUS)
- 21) Kenji KOJIMA (Undergraduate student, OUS)

モンゴル側 ; 14 名

- 1) TSOGTBAATAR Khishigjav (Director of IPG, Leader of the Mongolian side)
- 2) CHINZORIG tsogtbaatar (Researcher, IPG)
- 3) MAINBAYAR Buuvei (Researcher / Car (Land Cruiser) driver, IPG)
- 4) ZORIG enkhtaivan (Researcher, IPG)
- 5) BUYANTEGSH Batsaikhan (Researcher, IPG)
- 6) PUREVSREN Byambaa (Researcher, IPG)
- 7) ENEREL Gantulga (Researcher, IPG)
- 8) ULZIITSEREN Sanjaadash (Preparator, IPG)
- 9) BAYARDORJ Chagnaa (preparator / Car (Pajero) driver, IPG)
- 10) OCHIRJANTSAN Enkhbat (Preparator / Car (Rental) driver, IPG)
- 11) AMARZAYA Sodnomtsog (Cook)
- 12) GANTSETESG Jamgan (Cook)
- 13) MUNKHNASAN Indre (Track (Kamaz) driver)
- 14) JARGALSAIKHAN Damdinsuren (Driver)

7 月 25 日

- ・ Ulaanbaatar 着 (実吉・学生 2 名).

7 月 26 日

- ・ Ulaanbaatar にて準備作業 (実吉・学生 2 名).

7 月 27 日

- ・ Ulaanbaatar にて準備作業 (実吉・学生 2 名).
- ・ Ulaanbaatar 着 (高橋・青木・学生 2 名).

7月28日

- ・ Ulaanbaatar にて準備作業（高橋・実吉・青木・学生4名）.
- ・ Ulaanbaatar 着（能美）.

7月29日

- ・ Ulaanbaatar 発, Khongil Tsav 着（能美・高橋・実吉・青木・学生4名・モンゴル側7名）.

7月30日

- ・ Khongil Tsav の地質調査, 化石発掘調査.（能美・高橋・実吉・青木・学生4名・モンゴル側5名）.

7月31日

- ・ Khongil Tsav の地質調査, 化石発掘調査.（能美・高橋・実吉・青木・学生4名・モンゴル側5名）.

8月1日

- ・ Khongil Tsav の地質調査.（能美・実吉・青木・学生4名・モンゴル側1名）.
- ・ Tsagan Teg 調査の化石発掘調査（高橋・モンゴル側4名）.

8月2日

- ・ Khongil Tsav の地質調査, 化石発掘調査（能美・高橋・実吉・青木・学生4名・モンゴル側5名）.

8月3日

- ・ Khongil Tsav の地質調査（能美・実吉・青木・学生4名・モンゴル側1名）.
- ・ Burkhan 調査の化石発掘調査（高橋・モンゴル側4名）.

8月4日

- ・ Khongil Tsav 調査の地質調査（能美・実吉・青木・学生4名・モンゴル側1名）.
- ・ Bayn Shire および Burkhan 調査の化石発掘調査（高橋・モンゴル側4名）.

8月5日

- ・ Khongil Tsav 調査の地質調査（能美・実吉・青木・学生4名・モンゴル側1名）.
- ・ Burkhan の化石発掘調査（高橋・モンゴル側4名）.

8月6日

- ・ Khongil Tsav 調査の地質調査（能美・実吉・青木・学生4名・モンゴル側1名）.
- ・ Bayn Shire および Burkhan 調査の化石発掘調査（高橋・モンゴル側4名）.

8月7日

- ・ Khongil Tsav 調査の地質調査, 化石発掘調査. 午後雨のため Camp 撤収作業（能美・高橋・実吉・青木・学生4名・モンゴル側5名）.

8月8日

- ・ 雨のため Camp にてまとめ作業, 撤収作業, 一部地質調査（能美・実吉・高橋・青木・学生4名・モンゴル側5名）.
- ・ 後半調査のために, Saynshand へ買い出し作業（実吉・高橋・青木・学生1名・モンゴル側1名）.

8月9日

- ・ Khongil Tsav 発, Ulaanbaatar 着（能美・高橋・青木・学生2名・モンゴル側3名）.
- ・ Khongil Tsav 発, Shar Tsav 着（実吉・学生2名・モンゴル側4名）.

- ・ Ulaanbaatar 着 (豊田).

8 月 10 日

- ・ Shar Tsav ベースキャンプの設営 (実吉・学生 2 名・モンゴル側 4 名).
- ・ Ulaanbaatar にて撤収作業 (高橋・青木・学生 2 名).
- ・ Ulaanbaatar にて準備作業 (豊田).
- ・ Ulaanbaatar 着 (石垣・林・学生 8 名).
- ・ Ulaanbaatar 発 (能美).

8 月 11 日

- ・ Shar Tsav 地質調査 (実吉・学生 1 名・モンゴル側 1 名), Ham Bogd へ買い出し作業 (学生 1 名・モンゴル側 1 名).
- ・ Ulaanbaatar 発, Shar Tsav 着 (石垣・豊田・林・学生 8 名・モンゴル側 10 名).

8 月 12 日

- ・ Shar Tsav 竜脚類発掘作業 (林・その学生 5 名・モンゴル側 7 名).
- ・ Shar Tsav 地質調査 (豊田・実吉・学生 4 名・モンゴル側 2 名).
- ・ Khavirgiin buuts 大型足跡化石調査 (石垣・その学生 1 名・モンゴル側 1 名).

8 月 13 日

- ・ Shar Tsav 竜脚類発掘作業 (林・その学生 3 名・モンゴル側 7 名).
- ・ Shar Tsav 地質調査 (豊田・実吉・学生 4 名・モンゴル側 2 名).
- ・ Khavirgiin buuts 大型足跡化石調査 (石垣・その学生 3 名・モンゴル側 1 名).

8 月 14 日

- ・ Shar Tsav 竜脚類発掘作業 (林・その学生 3 名・モンゴル側 7 名).
- ・ Shar Tsav 地質調査 (豊田・実吉・学生 4 名・モンゴル側 2 名).
- ・ Khavirgiin buuts 大型足跡化石調査 (石垣・その学生 3 名・モンゴル側 1 名).

8 月 15 日

- ・ Shar Tsav 竜脚類発掘作業 (林・その学生 3 名・モンゴル側 7 名).
- ・ Shar Tsav 地質調査 (豊田・実吉・学生 4 名・モンゴル側 2 名).
- ・ Khavirgiin buuts 大型足跡化石調査 (石垣・その学生 3 名・モンゴル側 1 名).

8 月 16 日

- ・ Amtagai, Bayshin Tsav and Khoodai Tsav の化石発掘調査 (石垣・豊田・実吉・林・その学生 10 名・モンゴル側 10 名).

8 月 17 日

- ・ Shar Tsav 幼体ハドロ他, Khoodai Tsav の化石発掘調査 (林・その学生 4 名・モンゴル側 7 名).
- ・ Shar Tsav, Khavirgiin buuts, Shar Tsav 地質調査 (豊田・実吉・その学生 5 名・モンゴル側 2 名).
- ・ Khavirgiin buuts 大型足跡化石調査 (石垣・その学生 1 名・モンゴル側 1 名).

8 月 18 日

- Shar Tsav 竜脚類発掘作業（林・その学生 3 名・モンゴル側 6 名）.
- Shar Tsav 地質調査（豊田・実吉・学生 4 名・モンゴル側 2 名）.
- Khavirgiin buuts 大型足跡化石調査（石垣・その学生 3 名・モンゴル側 2 名）.

8 月 19 日

- Shar Tsav 竜脚類発掘作業（林・その学生 4 名・モンゴル側 5 名）.
- Shar Tsav 足跡化石調査（石垣・その学生 2 名・モンゴル側 3 名）.
- Shar Tsav 地質調査（豊田・実吉・学生 4 名・モンゴル側 2 名）.

8 月 20 日

- Shar Tsav, Shar Tsav West 化石発掘調査, 足跡化石調査（石垣・林・学生 6 名・モンゴル側 7 名）.
- Shar Tsav 発, Ulaanbaatar 着（豊田・実吉・学生 4 名・モンゴル側 3 名）.

8 月 21 日

- Khavirgiin buuts 大型足跡化石調査（石垣・その学生 3 名・モンゴル側 2 名）.
- Urlibe Khudag 化石発掘調査と地質調査（林・学生 3 名・モンゴル側 5 名）.
- Ulaanbaatar にて撤収作業, 調査合意書打合せ（豊田・実吉・学生 4 名）.

8 月 22 日

- Shar Tsav, Khavirgiin buuts 足跡化石調査（石垣・その学生 3 名・モンゴル側 2 名）.
- Shar Tsav 竜脚類発掘サイト保護作業（林・その学生 3 名・モンゴル側 5 名）.
- Ulaanbaatar にて撤収作業, 調査合意書サイン式（豊田・実吉・学生 4 名）.
- Ulaanbaatar 発（実吉）.

8 月 23 日

- Shar Tsav 化石発掘調査および足跡化石調査（石垣・学生 2 名・モンゴル側 1 名）.
- Shar Tsav 発, Ulaanbaatar 着（林・学生 4 名・モンゴル側 8 名）.
- Ulaanbaatar にて撤収作業（豊田）.
- Ulaanbaatar 発（学生 4 名）.

8 月 24 日

- Shar Tsav および Shar Tsav West 足跡化石調査（石垣・学生 2 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 4 名）.

8 月 25 日

- Shar Tsav, Bayshin Tsav, Khoodrai Tsav 足跡化石調査, 地質調査（石垣・学生 2 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 4 名）.
- Ulaanbaatar 着（西戸・学生 1 名）.
- Ulaanbaatar 発（豊田）.

8 月 26 日

- ・ Shar Tsav, Shar Tsav West, Bayshin Tsav 足跡化石調査 (石垣・学生 2 名・モンゴル側 1 名).

- ・ Ulaanbaatar にて撤収作業および標本調査 (西戸・林・学生 5 名).

8 月 27 日

- ・ Shar Tsav 足跡化石調査, Tsagaan Suvraga 地質調査 (石垣・学生 2 名・モンゴル側 1 名).

- ・ Ulaanbaatar にて撤収作業および標本調査 (西戸・林・学生 5 名).

8 月 28 日

- ・ Tsagaan Suvraga 発, Ulaanbaatar 着 (石垣・学生 2 名・モンゴル側 3 名).

- ・ Ulaanbaatar にて撤収作業および標本調査 (西戸・林・学生 5 名).

8 月 29 日

- ・ Ulaanbaatar にて撤収作業および標本調査 (石垣・西戸・林・学生 7 名).

8 月 30 日

- ・ Ulaanbaatar にて撤収作業および標本調査 (石垣・西戸・林・学生 7 名).

8 月 31 日

- ・ Ulaanbaatar にて撤収作業および標本調査 (石垣・西戸・林・学生 7 名).

9 月 1 日

- ・ Ulaanbaatar にて撤収作業および標本調査 (石垣・林).

- ・ Ulaanbaatar 発 (西戸・学生 7 名).

9 月 2 日

- ・ Ulaanbaatar にて撤収作業および標本調査 (石垣・林).

9 月 3 日

- ・ Ulaanbaatar にて撤収作業および標本調査 (石垣・林).

9 月 4 日

- ・ Ulaanbaatar 発 (石垣・林).

【9 月調査 (9 月 12 日～9 月 26 日)】

教員 ; 1 名

1) Mototaka SANEYOSHI (Lecturer, OUS)

学生 ; 1 名

1) Hitomi ASAI (Graduate student, OUS)

モンゴル側 ; 2 名

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

2) BAYARDORJ Chagnaa (preparator / Car (Pajero) driver, IPG)**

3) BUYANTEGSH Batsaikhan (Researcher, IPG)***

* : Ulaanbaatar から Shiluut Ula まで同行.

** : Shiluut Ula から Ulaanbaatar まで同行.

*** : Shiluut Ula にて地質調査同行.

9 月 12 日

- ・ Ulaanbaatar 着 (実吉・学生 1 名).

9 月 13 日

- ・ Ulaanbaatar 発, Dalanzadgad 着 (実吉・学生 1 名・モンゴル側 1 名).

9月14日

- ・ Dalanzadgad 発, Shiluut Ula 着, 北大小林隊合流 (実吉・学生1名・モンゴル側1名).

9月15日～9月22日

- ・ Shiluut Ula 地質調査 (実吉・学生1名・モンゴル側1名).

9月23日

- ・ Ulaanbaatar 着 (実吉・学生1名・モンゴル側1名).

9月24日～26日

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

9月27日

- ・ Ulaanbaatar 発 (実吉・学生1名).

主な成果 ハドロサウルス類の幼体の全身骨格発見
竜脚類の首から肩にかけての関節した化石の発見
世界最大級の恐竜足跡化石の四個連続した足跡化石の発見
ホンギルツァフ地域での地質調査をほぼ終了。
シャルツァフーバイシンツァフ地域の層序を確立。
東ゴビー南東ゴビの分析用岩石サンプルの取得終了

2017年1月3日～8日 (実吉、高橋、林)

2017年度に採択された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、(1)モンゴル人研究者2名の招聘打ち合わせと準備、(2)夏の調査日程と調査の場所についての協議、(3)共同研究の進め方、(4)学生共同実習の打ち合わせを行った。

2017年6月11日～17日 (石垣、高橋)

モンゴル科学アカデミー古生物学研究所に収蔵されている恐竜ほか脊椎動物化石(カメ類、トカゲ類、ワニ類)についてのデータ収集、夏の調査日程と調査の場所、および今後の共同研究の進め方についての確認協議を行った。

3.4 研究成果報告

本ブランディング事業は、『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広がる上部白亜系から産出する脊椎動物化石、および化石を産出する上部白亜系を用いて、これらの層序・年代の決定、古環境復元、恐竜を中心とした脊椎動物の生理・生態を明らかにする。2016年度および2017年度は、これらの中でも上部白亜系最下部を構成する Bayanshiree 層を中心に調査研究を実施した。本研究報告書では、古生物学分野および地質学的分野を基本に、その結果を報告する。

古生物学分野では、ゴビ砂漠南東部 Shar Tsav 地域で発見された竜脚類の足跡

化石とその生態復元（石垣）、Bayanshiree 層産恐竜化石に残るたんぱく質と骨髓骨抽出の試み（辻極）、Bayanshiree 層から産出するカメ類を中心とした爬虫類化石とその分類学的研究（高橋）、モンゴル上部白亜系産恐竜類の骨組織学的研究（林）について報告する．これらの研究は、恐竜の生理・生態を明らかにするため、化石発掘、各種分類作業、骨化石の組織解析といった手法を用いて、調査研究を実施した結果である．

地質学的分野では、ゴビ砂漠東部および南東部に分布する Bayanshiree 層の岩相層序と堆積環境復元（実吉）、レーザー3D スキャナーを用いた Khongil Tsav の地形解析（能美）、地層に含まれる鉱物の物性物理学的手法による堆積物の後背地解析（豊田）、ジルコンを用いた化石含有層の年代測定と後背地解析（青木）、Bayanshiree 層を構成する鉱物の結晶額的特性（小林）、ゴビ砂漠東部に分布する火山岩類の岩石学的研究（今山）、含 K 鉱物による年代推定（兵藤）について報告する．さらに、古生物学的分野との学際領域の研究として、骨化石からの直接年代測定法の開発（西戸）に関する予察を報告する．

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 Khavirgiin Zoo の上部白亜系より 大型竜脚類行跡の発見とその解析

石垣 忍

1. 発見の経緯と記載

岡山理科大学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（略称：OUS-IPG-JE）による 2016 年 8 月のゴビ砂漠南東部調査において,Shar Tsav 南方 5 kmの地点 Khavirgiin Zoo で Mainbayar 氏が同年 6 月に発見していた大型の足跡化石を検討し,大型竜脚類の左後肢の足印化石（単体）と確認した.(Ishigaki et al. 2016a, b).足印本体は,赤色泥質細粒砂岩中に印跡された凹型足印を粗粒～Granule 砂岩が充填し固化した凸型足印として残されている.2017 年 8 月に,この足印化石の連続を確認するために同調査隊による発掘を行い,新たに 3 個,合計 4 個の後足印から成る,連続した行跡を確認した.これらは右→左→右→左と連続している.最も保存の良いものの足印長は 106 cm,足印幅は 77 cmである.足印長は 102 cm～120 cmの範囲で変化する.前足印は後足印によってオーバーラップされ,残存していない.複歩長は 220 cm,である.全体の形状は楕円状で,先端が尖状の第 1 指,第 2 指,第 3 指の爪痕が見られ,第 4 指痕は先端がやや鈍く突出,第 5 指はさらに鈍い印跡である.（図 1, 2）



図 1：Khavirgiin Zoo で発見された大型竜脚類行跡

2. 印跡動物の推定と姿勢・運動・行動・生態

足印及び行跡の特徴から印跡動物は大型の竜脚類と推定される.本産地に近い Shar Tsav からは竜脚類 *Quesitosaurus* の頭骨 (Kurzanov and Bannikov, 1983),ゴビ砂漠西部のネメグト層からは *Nemegtosaurs* の頭骨 (Kurzanov, 1981),*Opisthocoelicaudia*,の頭部頸部を除く全身骨格 (Borsuk-Bialynicka, 1977),ゴビ砂漠東部のバインシレ層からは *Erketu* の部分骨格(Ksepka and Norell, 2006)などの Titanosaurid が発見されており,また,北米やヨーロッパで発見される Titanosaurid の足印とも本足印は共通する特徴が見られる.これらの事から,本行跡はこうした Titanosaurid に属する印跡動

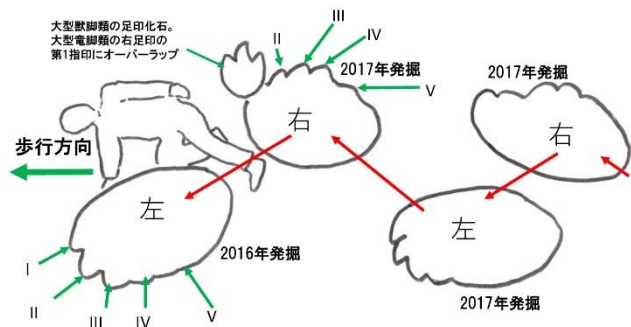


図 2：Khavirgiin Zoo 大型竜脚類行跡写真の解説図

物によるものと考えられる。

印跡面から股関節までの高さは約 4.5m と推定される。Alexander (1976) の計算式による推定移動速度は時速 1.6 km～1.9 km である。前足印が発見されないことから前足印を後ろ足が踏みつぶすような歩様が推定される。また、足印軸が行跡軸に対して 40 度外旋している。Gauge は中程度であるものの、足印自体が大きく、行跡の幅は広い。これらのことは印跡動物の骨盤形態が幅広で股関節面が外側へやや転回していたことを示唆する。

爪痕は内側に大きく屈曲している。このことから強い Gipping (外側から内側に向かって握りしめるような爪の動き) が復元される。

本行跡周辺に大型の竜脚類による印跡と考えられる足印が四個発見されたが、歩行の方向は本行跡とは平行していない。また、本行跡の右足印が足印長 45 cm の大型獣脚類による印跡と考えられる足印によってオーバーラップされている。これらのことから、本地域では大型竜脚類と大型獣脚類が生活圏を共有していたと考えられる。

Alexander, R. McN., 1976. Estimates of speeds of dinosaurs. *Nature*, 261: 129–130.

Borsuk-Bialynicka, M., 1977. A new camarasaurid sauropod *Opisthocoelicaudia skarzynskii* gen. n., sp. n. from the Upper Cretaceous of Mongolia. *Palaeontologia Polonica* 37: 5–64.

Ishigaki S., Mainbayar B., Tsogtbaatar Kh., Tanabe T., and Saneyoshi. 2017 Dinosaur Ichnology of Mongolia. Abstract Volume. The international symposium “The 70th anniversary of Mongolian Paleontological Expedition of Academy of Sciences, USSR”: 34-35.

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

Ishigaki S., Tsogtbaatar Kh., Nishido H., Toyoda S., Chinzorig T., Mainbayar B., Noumi Y., Takahashi A., Ulziitseren S., Zorig E., Buyantegsh B., Purevsuren B., Enerel G., Bayardorj C., Ochirjantsan E., Saneyoshi M., Aoki K., and Hayashi S. 2017. Report of the Okayama University of Science-Mongolian Institute of Paleontology Joint Expedition in 2017. *The Bulletin of Research Institute of Natural Sciences*, vol. 43., Okayama University of Sciences (in printing)

Ksepka, D.T. and Norell, M.A., 2006. *Erketu ellisoni*, a long-necked sauropod from Bor Guvé (Dornogov Aimag, Mongolia). *American Museum Novitates* 3508: 1-16.

Kurzanov, S. M., 1981. An unusual theropod from the Upper Cretaceous of Mongolia *Iskopayemye pozvonochnyye Mongolii* (Fossil Vertebrates of Mongolia). *Trudy Sovmestnay Sovetsko-Mongolskay Paleontologiyeskay Ekspeditsiy* (Joint Soviet-Mongolian Paleontological Expedition) 15: 39–49. Moscow: Nauka.

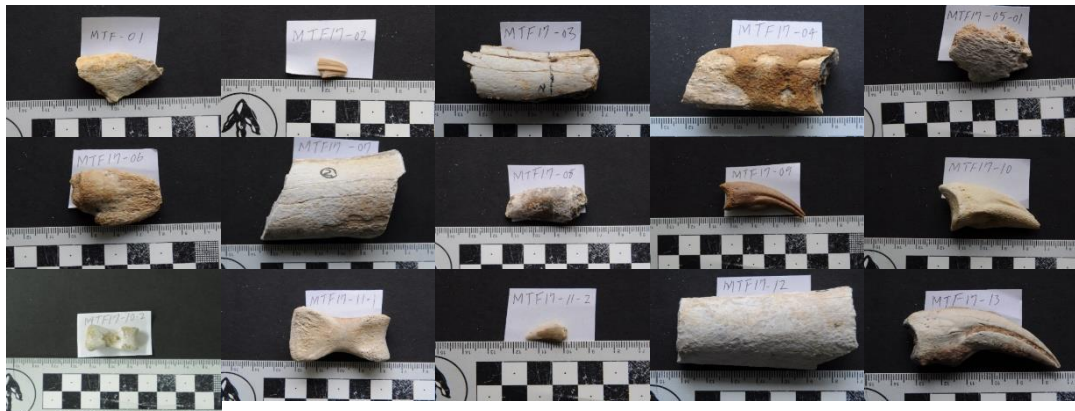
Kurzanov S. M. and Bannikov A. F., 1983. A new saurpod from the Upper Cretaceous of Mongolia. *Paleontologicheskii Zhurnal* 2: 90–96. In Russian.

恐竜化石構成鉱物の U-Pb 年代測定に向けての取り組み

西戸 裕嗣

モンゴル科学アカデミー古生物地質学研究センターにおいて、2016 年 8 月および 2017 年 8 月にモンゴルゴビ砂漠から採取された恐竜を主とする化石試料を、骨組織の研究ならびに恐竜化石構成鉱物の U-Pb 年代測定用に選定した。試料は、樹脂による固定ならびに切断によりチップとし、スライドガラスへ接着したものを本学へ移送した。アパタイト含有量が高く（比重が高い）新鮮な化石試料の選定に努めた。また、試料部位の特定には、日本およびモンゴルの古生物専門家によっている。2016 年度に 28 点および 2017 年度に 26 点に及んだ。

まず、いずれの試料もエポキシ樹脂で固定し直し、これらを 35 ミクロンの厚さまで研削し、表面をダイヤモンドペーストにより鏡面研磨仕上げとした。偏光顕微鏡下で骨組織の観察を行い、部位ごとの特徴や変質の程度など詳細を記載し、ラマン分光測定、電子プローブ分析（EPMA）およびカソードルミネッセンス（CL）測定に供した。

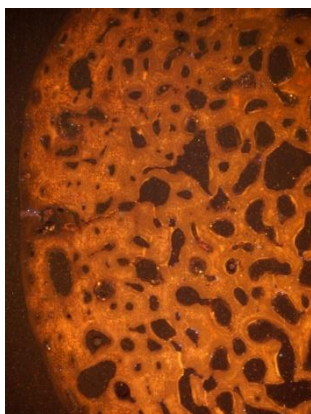


2017 年ゴビ砂漠で採取された化石試料

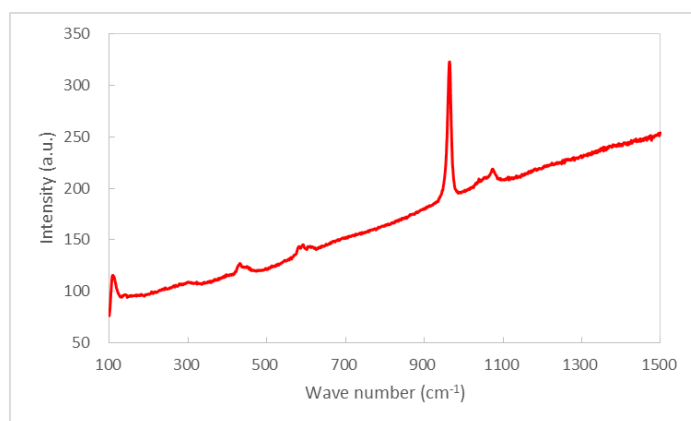
ラマン分光法は、レーザーを照射し反射して得られたラマン散乱波を計測するもので、ミクロンオーダーの微小部の結晶状態を高感度で測定できる。これにより、比較的密な組織を構成する鉱物は、結晶度の良いアパタイトであることが判明した。一方、骨組織の空隙部分を充填し、また外縁部に付着している 2 次鉱物はカルサイトであることも分かった。さらに、EPMA により、ラマン分光分析法で測定した部位に収束した電子線を照射し励起された特性 X 線を計測し、化学分析を行った結果、アパタイトは全て純粋に近いフッ素アパタイトからなることが確認された。

CL は、物質に電子を照射した際に発現する発光現象で、微量な不純物元素や構造欠陥を鋭敏に検出できる。これを利用することにより、鉱物に記録された生成時の地質環境や生成後の変成作用などに関する多くの情報を取得することが可能となる。一般に、ウランやトリウムなどの放射性物質を含む鉱物は、放射線損傷に起因する構造欠陥を結晶構造中に内包し、CL は地質時代の経過ともに増加する欠陥密度を評価できる。したがって、本事業では、恐竜骨・歯・卵

殻化石を形成する鉱物を対象として放射年代測定法(U-Pb 法)により化石化年代を直接求めることが大きな目的となっており、ウランが濃集している箇所を特定するために、CL の特性を活かした分析手法がとられた。化石試料を構成するアパタイトは、いずれもオレンジ色から黄色の CL 発光を示し、スペクトル解析から Mn^{2+} をアクチベーターとして発現していることが明らかになった。通常、熱水起源のアパタイトは希土類元素や遷移金属元素を含むが、ゴビ砂漠化石試料からは Mn を除く不純物元素を検出できなかった。もし Pb イオンを少しでも含めば、青色領域から紫外領域に特徴的な CL 発光が認められものの、本試料には全くなかった。このことは、U-Pb 年代測定の際に問題となる、初期鉛がないことを意味するが、CL による検出限界が不明のため正確な評価を行えない。

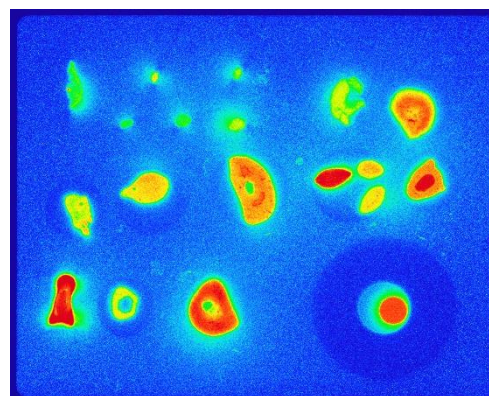


骨組織の CL 像 (横 1cm)



アパタイトのラマンスペクトル

骨組織や歯の基質はヒドロキシアパタイトとコラーゲンなどから構成されており、生体の死後に環境のフッ素イオンを取り込むことにより OH を F に置き換えフッ素アパタイトへと変化する。このフルオリデーションによりアパタイトの構造は強固となり、以降には構造中の元素の移動はほとんど起こらなくなると推察できる。つまり、この過程を検証することは、アパタイトに含まれるウランなどの放射性核種や壊変して生成される娘核種の移動に制



化石断面のベータ線イメージ

限をかけることができるかもしれない。このため、産地産状を異にする多くのアパタイト試料について結晶内部の種々の部位から、CHN 元素分析により OH の定量とその結晶内での分布を求め、フルオリデーションの過程を調べている。

また、各試料のベータ線イメージングを行い、放射能の強さを視覚化した。その結果、ハドロサウルス類の腓骨や歯から比較的高い放射能が検出された。したがって、これら試料 4 点について、2017 年度に設置されたレーザーアブレーション ICP 質量分析器 (LA-ICP-MS) を用いて U, Th, Pb の 2 次元分布を求めべく、試料調整を行っている。これにより、U の濃集箇所を特定できれば、U-Pb 年代測定法を適応する分析位置を決定できる。

・アパタイトのウラン-鉛 (U-Pb) 年代測定における課題

ウランやトリウムは、放射壊変常数が精密に決定されており、他の年代測定法に比べ正確な放射年代の測定が可能である。例えばジルコンは、化学的に安定した鉱物であり、ウランを比較的高い濃度で含有し、また初生鉛をほとんど含まないため、U-Pb 年代測定に適した鉱物である。一方、恐竜骨を構成しているアパタイトは、含まれるウラン濃度が低く、さらに初生鉛を取り込んでいる可能性が考えられる。Pb-Zn 鉱床では 2 次鉱物として Pb のリン酸塩鉱物 (pyromorphite: $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ など) を産することは希でなく、このことから鉱脈中や熱性起源のアパタイトでは Pb が Ca を置き換えて固溶することが予想される。したがって、アパタイト生成時に含有していた初生鉛を決定することが重要な課題となる。

このために、通常は鉛の安定同位体である ^{204}Pb を測り、ウランから壊変した ^{206}Pb と ^{207}Pb を補正するが、同重体の ^{204}Hg が干渉することから、 ^{204}Pb の正確な評価は難しい。最近では、初期値の $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ をアンカーとして推定する方法などが提案されているものの、確立したものはない。これを検証するには、初期鉛をほとんど含まず、正確な生成年代 (U-Pb 年代) が求められている標準試料を必要とする。

Thomson et al. (2016) は、系統立てて周到にアパタイトの U-Pb 年代を行い、現在のところ最も精度の高い年代値および分析条件などの情報を発表した。今般、Thomson から、初期鉛をほとんど含まない試料 2 点 (401 apatite, OD306 apatite) の提供を受けた。また、アパタイトは、ジルコンなどに比べ Th/U が高く (2 倍以上)、特に若い生成年代を示すアパタイトを対象にする場合 ^{230}Th から壊変した ^{206}Pb を考慮する必要がある。このため、Th/U が 2 倍程度の Durango (Mexico) および 100 倍程度の Kovdor (Russia) を比較試料として用意した。

Sample	LA-ICP-MS age (Ma)	Isotope dilution age (Ma)	# of analyses	Avg. Th ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Avg. U ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Avg. Ce ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Avg. F%	Avg. Cl ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Avg. crater/line depth (μm)
Otter Lake	Primary ref. Mat.	913 $\pm$ 7	447	897 (96)	113 (9)	7339 (807)	4.10 (0.08)	353 (38)	13.46/6.11 (0.78, 0.22)
OD306	1544.8 $\pm$ 3.2/20.2/23.5	1596.7 $\pm$ 7.1	324	71 (33)	17 (4)	7181 (2008)	3.83 (0.09)	1035 (86)	13.84/6.27 (0.23/0.25)
Kovdor	382.3 $\pm$ 1.7/5.2/6.0	380.6 $\pm$ 2.6	262	1733 (839)	17 (10)	5788 (2526)	0.88 (0.02)	140 (26)	13.68/6.33 (0.86/0.20)
401 apatite	506.2 $\pm$ 2.3/7.0/8.1	530.3 $\pm$ 1.5	52	121 (20)	15 (2)	9550 (964)	3.08 (0.14)	7082 (40)	n.d.
McClure	516.3 $\pm$ 4.5/8.0/9.0	523.51 $\pm$ 1.53	105	38 (16)	13 (5)	2754 (551)	3.16 (0.12)	203 (150)	13.73/6.39 (0.56/0.22)
Mountain									
Emerald Lake	92.9 $\pm$ 1.7/2.1/2.2	92.2 $\pm$ 0.9	77	106 (36)	41 (12)	2297 (554)	3.82 (0.13)	403 (91)	13.93/6.19 (0.35/0.06)
Durango	30.87 $\pm$ 0.68/0.79/0.82	31.44 $\pm$ 0.18	51	269 (40)	12 (2)	4450 (240)	3.51 (0.07)	4749 (371)	n.d.
Plesovice	342 $\pm$ 19/19.5/19.7	337.13 $\pm$ 0.37	31	0.09 (0.17)	6 (2)	1431 (345)	n.d.	n.d.	n.d.
Temora	419 $\pm$ 12/13.2/13.6	416.8 $\pm$ 1.1	33	18 (9)	6 (2)	1896 (359)	n.d.	n.d.	n.d.

Thomson et al. (2016)から引用

実際には、これら U, Th, Pb の同位体測定は、感度ならびに精度に優れた二重収束型 ICPMS による同位体測定が必須であり、本プロジェクトの学外協力者である東京大学大学院平田岳史教授が専門に取り組んでいる。現在、これらのアパタイト試料を検証し、標準試料として使用できるかどうか、また、さらなるワーキングスタンダードの作製も視野に共同研究を進めている。

参考文献 : J. Thomson et al.: Matrix effects in Pb/U measurements during LAICP-MS analysis of the mineral apatite, J. Anal. At. Spectrom., 31, 1206–1215 (2016).

Shar Tsav および Bayshin Tsav 周辺に分布する上部白亜系

Bayanshiree 層の岩相層序と堆積環境復元

実吉玄貴・浅井瞳・蔦永早也香・寺田智也

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により、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 (Shuvalov, 2000)。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 (引用)、現在広く使用されている国際層序基準とは異なる分類である。したがって、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。2017 年 8 月、2017 年 8 月、筆者らは Shar Tsav および Bayshin Tsav 周辺に分布する上部白亜系 Bayanshiree 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、Shar Tsav は Nemegt 層、Bayshin Tsav は Bayan Shiree 層と区分されている (Watabe et al., 2010)。

Shar Tsav の岩相層序

Shar Tsav は Ham Bogd Somon (South Gobi Aimag) より東南東 108km に位置し (Saneyoshi et al., 2015)、多くの足跡化石を産出する Main Outcrop、堆積岩がよく露出する Shar Tsav west、および Shar Tsav farwest の各露頭から構成される (Ishigaki et al., 2009; Watabe et al., 2010; Saneyoshi et al., 2015)。本報告では、Main outcrop および West に関する岩相と層序を報告する。

Main outcrop は、主に砂岩層と泥岩層から構成される。砂岩層は、極粗粒砂から細粒砂で構成され、トラフ型斜交層理、平板型斜交層理、カレントリップル葉理を観察できる。層厚は 10cm から 80cm 程度を示す。レンズ状から側方方向へ数百 m 程度連続する平板状の外形を呈す。一部の砂岩層にコンボリュートが認められる。泥岩は塊状を示し、一部は赤色を呈する。層厚は、20cm から 200cm と多様である。泥岩層の中に、カリチェが発達し、側方へ数百 m 程度連続する。多くの足跡化石が、砂岩層から発見されている (Ishigaki et al., 2011)。West は、主に砂岩層と泥岩層から構成される。砂岩層は、粗粒砂から細粒砂から構成され、トラフ型斜交層理、平板型斜交層理、カレントリップル葉理、ウェーブリップル葉理を観察できる。層厚は、10cm から 100cm を示し、レンズ状から側方方向へ数百 m 程度連続する平板状の外形を呈する。一部の砂岩層にコンボリュートが認められる。泥岩層は塊状から数 mm オーダーの葉理を示す。一部の塊

状部は赤色泥岩を呈する。層厚は数 cm から 200cm を示す。

岩相分布と層序関係を考慮すると、Shar Tsav に分布する地層は下部と上部に区分できる。下部は、Main Outcrop および West の下部層を構成する地層からなる。基本的に、砂岩層と泥岩層の互層から構成され、一部に側方連続のよいカリチェを認められるが、主に泥岩層中に含まれる。上部は、West の上部層から構成され、砂岩層と泥岩層の互層からなる。下部とは、砂岩層中にウェーブリップルを認められる点、泥岩層中に数 mm の葉理を認められる点が異なる。

Shar Tsav の堆積環境

Shar Tsav の堆積環境は、下部と上部で異なると考えられる。下部は、側方へよく連続する砂岩層と泥岩層の互層は、乱流による碎屑物供給と浮遊・沈降による堆積を示す。側方へカリチェを含む泥岩層が連続することは、水分の蒸発を伴った地形が広く分布していたことを示し、洪水流による水の供給を支持する。さらに、砂岩層中に足跡化石を多く確認できることから、足跡が付けられた後、早い地層中への保存がったことも示唆される。すなわち、下部は氾濫原堆積物を主体とし、度々洪水流による水と碎屑物供給の合った場所と解釈できる。一方、上部はウェーブリップルの存在や、葉理の発達した層厚 200cm の泥岩層の存在から、湖のような滞水域を想定できる。また、下部と同様に砂岩と泥岩の互層から構成されていることから、氾濫原環境ではあるものの、度々湖成環境が存在したことを示唆する。下部、上部に含まれる砂岩層の多くが氾濫原上の洪水堆積物と考えられるが、一部は河道堆積物と解釈できる。

Bayshin Tsav の岩相層序

Bayshin Tsav は Ham Bogd Somon (South Gobi Aimag) より北 60km に位置し (Ishigaki et al., 2016)、多くの脊椎動物化石を産出する (Saneyoshi et al., 2015 ; Ishigaki et al., 2016)。Bayshin Tsav West や Shar Tsav との間に位置する Khavriginn Zoo などを含めた産地名として使用されることもあるが、本報告では、これまで Watabe et al. (2010)によって Bayshin Tsav I から V とされた南北 1km 東西 2km の平坦な地形を示す地域について、地層の岩相層序と堆積環境について報告する。

地質調査の結果、Bayshin Tsav 下位から順に、Unit1 から Unit3 に区分された。Unit1 は、主に調査地域の南西に位置し、砂岩と泥岩の互層からなる。砂岩は、粗粒砂から細粒砂からなり、トラフ型斜交層理や平板型斜交層理を確認できる。泥岩層は塊状を示し、層厚は砂岩層より厚い。一部は砂岩層が下に凸の形で累重する。Unit2 は調査地域全域に広く分布する。砂岩からなり、極粗粒砂から細粒砂から構成される。トラフ型斜交層理、平板型斜交層理、カレントリップル葉理、クライミングリップル葉理などを確認できる。地表面に一方向に広がる

堆積構造を確認できる。Unit3 は主に塊状泥岩から構成され、一部に層厚数 cm の極細粒砂が認められる。

Bayshin Tsav の堆積環境

Unit1 から Unit3 は、岩相の特徴と累重様式から、それぞれ氾濫原堆積物 (Unit1)、河道埋積堆積物 (Unit2)、氾濫原堆積物 (Unit3) と解釈される。特に Unit2 の地表面に認められる堆積構造は一方向流による河床形態の断面を示しており、古流向を推定できる。そこで、調査地域全域における計 114 点の古流向は、主に南へ向き、東西に大きく変化する。また Unit2 内に層序学的もしくは空間的な堆積構造の変化や堆積物の極端な層厚変化といった、古環境変遷は確認できていない。以上の点から、Unit2 は複数もしくは単一の河川系からなる安定した環境であったと推察される。しかし、Unit2 は最大層厚 15m 程度であり、安定した環境であったことを考え合わせると、地層堆積時、沈降速度が極端に遅く、長期間にわたって削剥と累重を繰り返した可能性を指摘できる。特に、Unit2 からは多くの脊椎動物化石が産出していること、一部は関節した状態で発見されるものの、多くが骨片もしくは遊離した状態で発見されることから、度重なる再堆積により化石の産状が影響を受けたと示唆された。

Shar Tsav および Bayshin Tsav の層序と堆積環境

Khavriginn Zoo を含めた Shar Tsav から Bayshin Tsav の岩相層序と堆積環境復元を図に示す。この結果、Bayshin Tsav の Unit3 は、Shar Tsav の下部と同層準といえる。さらに、堆積環境の分布を考慮すると、Shar Tsav の Main Outcrop は、Bayshin Tsav の Unit2 に分布する河川堆積物から供給される洪水堆積物および氾濫原堆積物と位置付けられる。これは Bayshin Tsav の安定しかつ広域に分布する河道と広域な氾濫原堆積物との関係であり、古環境の分布と矛盾しない。

さらに、これまでの先行研究で、Shar Tsav は Avimimus の産出から Nemegt 層とされてきた (Watabe et al., 2010 ; Saneyoshi et al., 2015)。一方、Bayshin Tsav は Bayanshiree 層と言われており (Ishigaki et al., 2016)、層序学的に対比できる一方で地層が異なる。しかし、Shar Tsav と Bayshin Tsav の地層は、古環境の広がり方から同時に存在していたと考えられ、異なる時代の地層とは言えない。したがって、今後、両化石産地に分布する地層の帰属を決定する必要があるだろう。

参考文献

Ishigaki, S., Watabe, M., Tsogtbaatar, Kh., Saneyoshi, M., 2009. Dinosaur footprints from the Upper Cretaceous of Mongolia. *Geological Quarterly*, 53 (4), 449-460.
Ishigaki, S., Tsogtbaatar, Kh., Saneyoshi, M., Mainbayar, B., Aoki, K., Ulziitseren, S.,

- Imayama, T., Takahashi, A., Toyoda, S., Chagnaa, B., Buyantegsh, B., Batsukh, J., Purevsuren, B., Asai, H., Tsutanaga, S., Fujii, K., 2016. Report of the Okayama University of Science - Mongolian Institute of Paleontology and Geology Joint Expedition in 2016. Bull. Res. Inst. Nat. Sci., Okayama Univ. of Sci., 42, 1-14.
- Jerzykiewicz, T., 2000. Lithostratigraphy and sedimentary settings of the Cretaceous dinosaur beds 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*, 279–296. Cambridge University Press, Cambridge.
- 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., Suzuki, S., 2000, Cretaceous fossil localities and a list of fossils collected by the Hayashibara Museum of Natural Sciences and Mongolian Paleontological Center Joint Paleontological Expedition (JMJE) from 1993 through 1998. Hayashibara Museum Natural Science Research Bulletin, 1, 99-108.

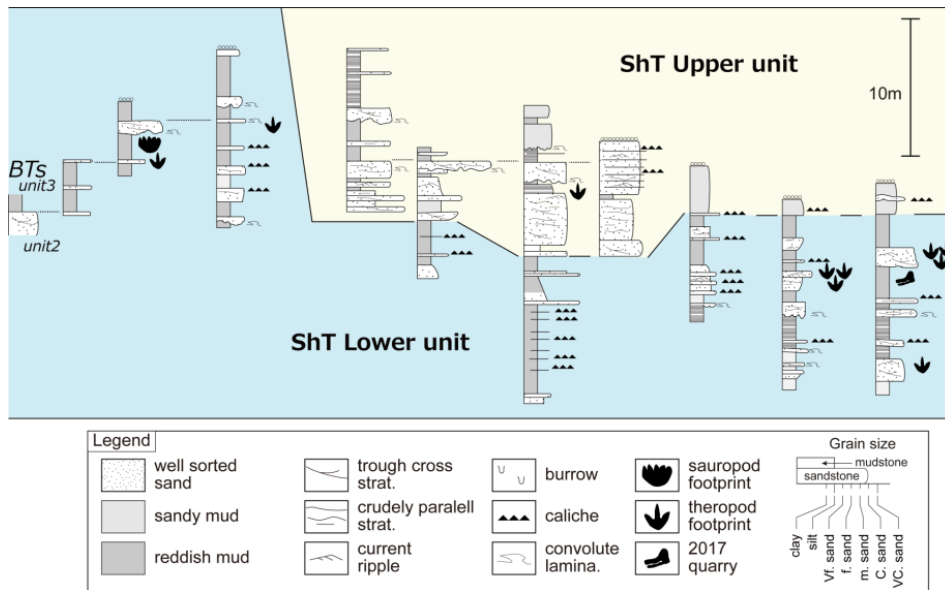


図 1. Shar Tsav から Bayshin Tsav における岩相層序.

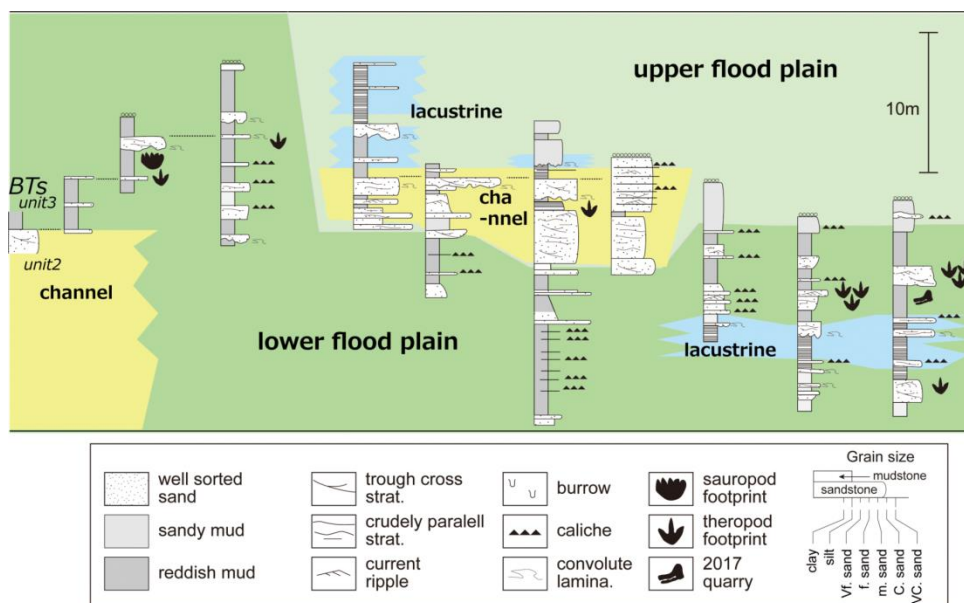


図 2. Shar Tsav から Bayshin Tsav における古環境.

Results of Geological survey in Bayshin Tsav

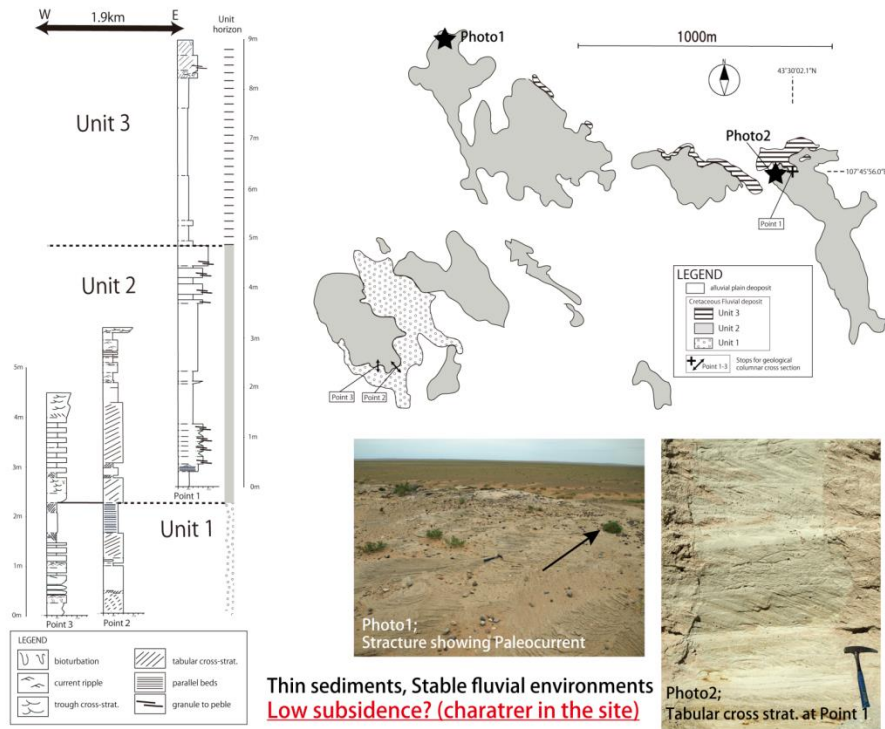


図 3. Bayshin Tsav における地質図，堆積柱状図，および Unit2 の露頭写真.

組織学的アプローチから復元する鎧竜類恐竜の成長様式

林 昭次

1. はじめに

鎧竜類恐竜は全身を骨でできた鎧で覆われており、その奇妙な姿から、どのような生態をしているか論争が続いている。現在生きている動物では、骨内部の組織は、動物の成長様式を反映していることが知られている。化石であっても骨内部の組織が保存されているため、これまでに化石骨組織の特徴から様々な恐竜類の成長様式が解明されてきた。そこで本研究では、骨切片を作成し、偏光顕微鏡を用いて、様々な種類の鎧竜類の幼体と成体の四肢骨と肋骨内部の骨組織の観察を行い、個体発生と系統発生観点から鎧竜類の骨組織の特徴の変化をはじめて観察し、その古生態について考察した。

2. 研究手法・方法

モンゴルのピナコサウルス、北米のアンキロサウルス類・ノドサウルス類の幼体と成体の四肢骨と肋骨内部の骨組織の観察を、薄片検鏡によって行った。

3. 結果・考察

骨組織観察の結果、鎧竜類の骨組織は、成長するにつれて、骨の成長速度が比較的早い時期に形成される **fibro-lamellar bone** から、骨の成長が遅い時期に形成される **parallel-fibered bone** へと変化した。さらに、組織の変化に伴って、血管・骨細胞の数および成長停止線の形成される間隔が減少した。特に鎧ができていない幼体と、鎧ができた幼体や成体の骨組織を比較すると、鎧ができた鎧竜の体の骨組織では、骨が再吸収された痕跡が多く観察された。従って、鎧竜は鎧を作り始めると、体を急激に成長させるためのカルシウムが十分でなくなり、成長が遅くなったと考えられる。

一方、鳥脚類や竜脚類などの他の恐竜は、骨組織の特徴から、現生のワニなどと比べると急激に成長し、短期間で成体になることが、先行研究で明らかになっている。そのため、成体になるまで速い成長速度を維持しないといった点で他の恐竜とは、鎧竜類は異なる成長様式をしていたことになる。これは、強固な鎧をもつ鎧竜は、鎧をもたない他の恐竜類のように短期間で成体になり、急激に巨大化しなくても、捕食者から十分に身を守ることができたからであると考えられる。

鎧のない幼体



鎧のある成体

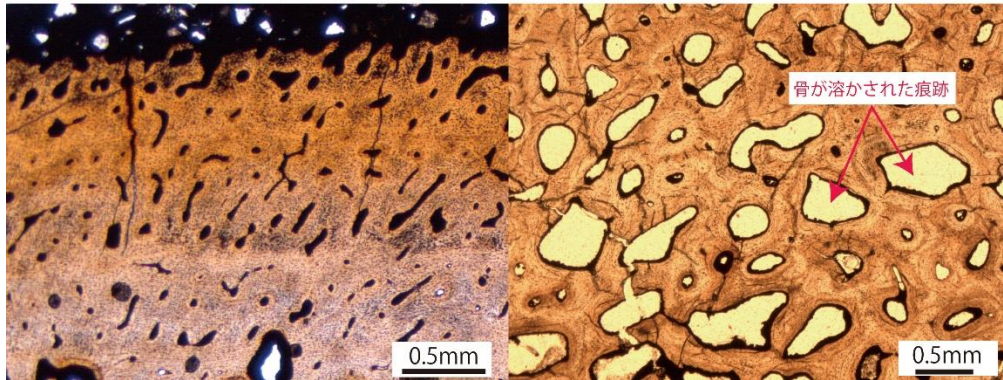


図1. 鎧のない幼体（左）と鎧のある成体（右）の四肢骨の断面の微細組織
鎧ができていない幼体と、鎧ができた成体の体の骨の微細組織を比較すると、
よろいをもつ成体の骨組織では、鎧の形成のために骨が溶かされ、カルシウム
を使用した痕跡がたくさん見られた。一方、鎧が未発達の幼体の骨組織は緻密
でカルシウムを使用した痕跡はほとんど見られなかった。

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

林 昭次・小平将大

1. はじめに

骨化石の内部組織を観察することで、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いる。しかし、動物の生態や進化を考える上で重要な要素である性成熟を迎える時期については、議論が続いている (e.g. Hone et al. 2016)。

現生鳥類において骨髓骨は、卵殻形成に必要なカルシウムの供給源として骨の内部に形成される (山本 2000)。いくつかの恐竜類でも骨髓骨が報告され、この組織を基にそれぞれの種の性成熟期の推定がなされてきた (Lee & Werning, 2008)。しかし、これまで報告された恐竜類は大型種のみであり、中・小型種において骨髓骨を用いて性成熟期の推定をした研究はない。

そこで本研究では、骨髓骨が保存された中型種の恐竜類であるオルニトミモサウルス類の後肢を用いて、オルニトミモサウルス類の性成熟期について検討をおこなった。

2. 研究標本

モンゴル、南ゴビ Gurilin Tsav ならびに Ulaan Khushuu 地域に分布する上部白亜系ネメグト層 (マーストリヒチアン; Watabe et al. 2010) から産出した2個体のオルニトミモサウルス類の大腿骨 (HMNS 2006-04-189 ; 以下個体 A)、大腿骨・脛骨・腓骨 (HMNS 2006-04-356 ; 以下個体 B) の計4標本を用いた。標本の形態比較では、同層準から産出した *Gallimimus bullatus* (MPC-D 100/12) を用いた。

3. 研究方法

標本の同定は Makovicky et al. (2004) の形質を基におこなった。薄片作成は、Padian & Lamm (2013) の研究に基づき、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 (NIH ImageJ, Adobe photoshop elements 15, Adobe Illustrator CC) を用いた。

4. 結果

個体 A の大腿骨と個体 B の大腿骨・脛骨・腓骨は、オルニトミモサウルス類に固有の特徴 (e.g. 大腿骨で、頭側転子と大転子の間にはっきりとした溝がある) が観察されたためオルニトミモサウルス類と同定した。しかし、科以上の同定は、頭骨と前

肢に見られる形質の観察が必要なため、本研究では下目レベルまでの同定とした。

観察したすべての標本の内部は皮質骨と髓腔からなる。個体 A の大腿骨（図 1）と個体 B（図 2）の脛骨で、髓腔中に通常の皮質骨とは異なる組織が確認でき、骨内膜層の内層に形成することや、woven bone であるといった固有な特徴を持つことから骨髓骨と同定した。

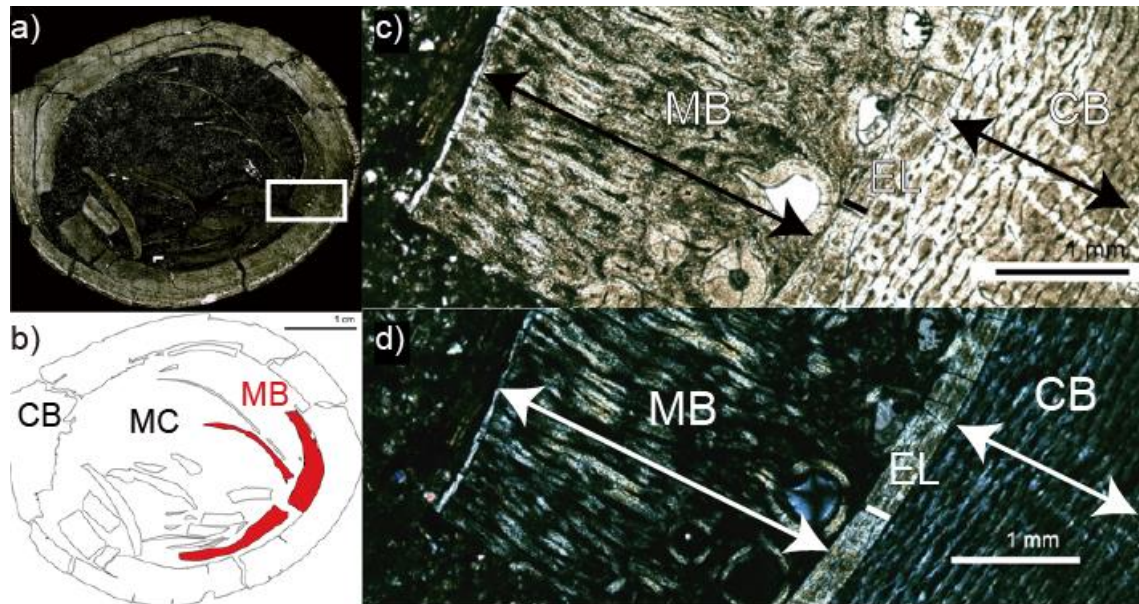


図 1. a)2006-04-189 の大腿骨の偏光顕微鏡画像，単ニコル（40 倍）

b)解釈的スケッチ

c)大腿骨にある骨髓骨の偏光顕微鏡画像，単ニコル（40 倍）

d)大腿骨にある骨髓骨の偏光顕微鏡画像，直交ニコル（40 倍）

MC:髓腔(medullary cavity), EL:骨内膜層 (endosteal laminar),

CB:皮質骨(compact bone), MB:骨髓骨(medullary bone)

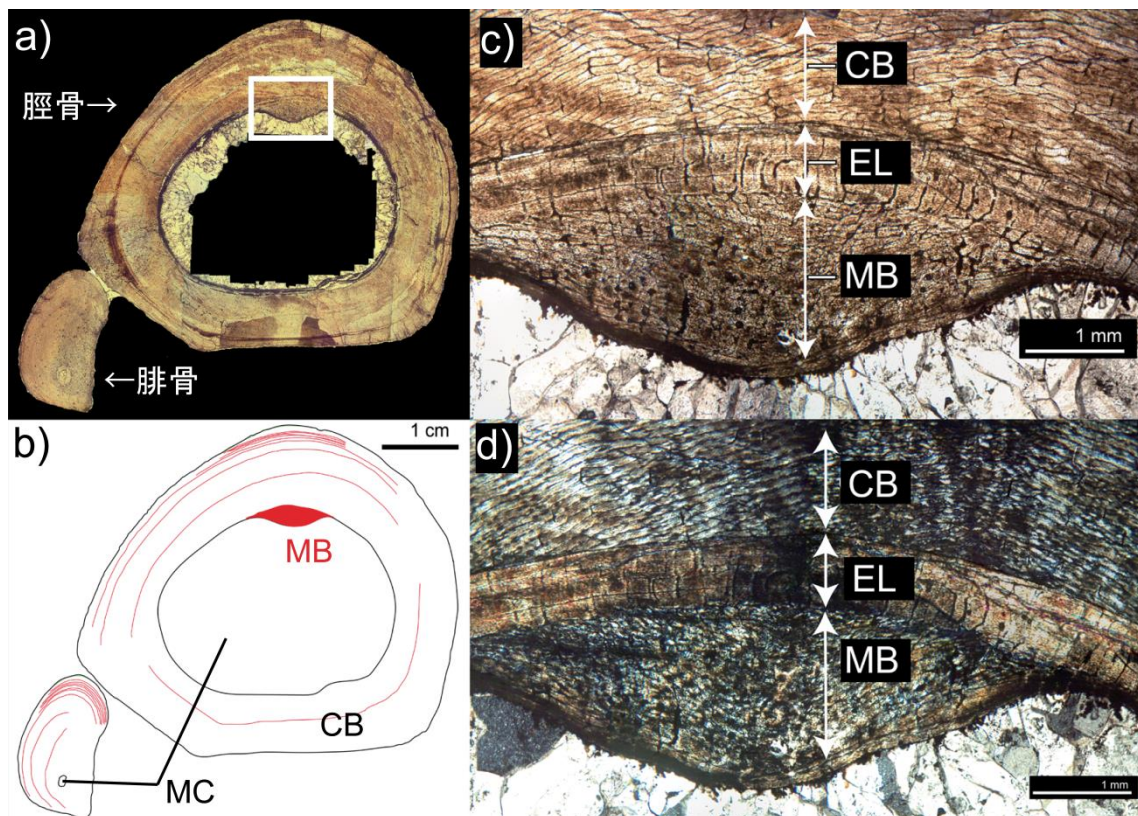


図 2. a)2006-04-356 の脛骨・腓骨の偏光顕微鏡画像，単ニコル（40 倍）

b)解釈的スケッチ

c)脛骨にある骨髓骨の偏光顕微鏡画像，単ニコル（40 倍）

d)脛骨にある骨髓骨の偏光顕微鏡画像，直交ニコル（40 倍）

MC:髓腔(medullary cavity), EL:骨内膜層 (endosteal laminar),

CB:皮質骨(compact bone), MB:骨髓骨(medullary bone)

すべての標本の皮質骨は fibro-lamellar tissue を示し，微細な血管の走向に基づいて骨の内層から表層にかけて 2-3 つの区分に分けられた．変化のパターンは標本ごとに異なり，個体 A の大腿骨に見られる血管の走向では 1) Laminar 2) Plexiform 3) Reticular と変化した．また，皮質骨には成長停止線が発達し，個体 A の大腿骨では 7 本，個体 B の大腿骨と脛骨では 8 本，腓骨では 9 本観察できた（図 3）．

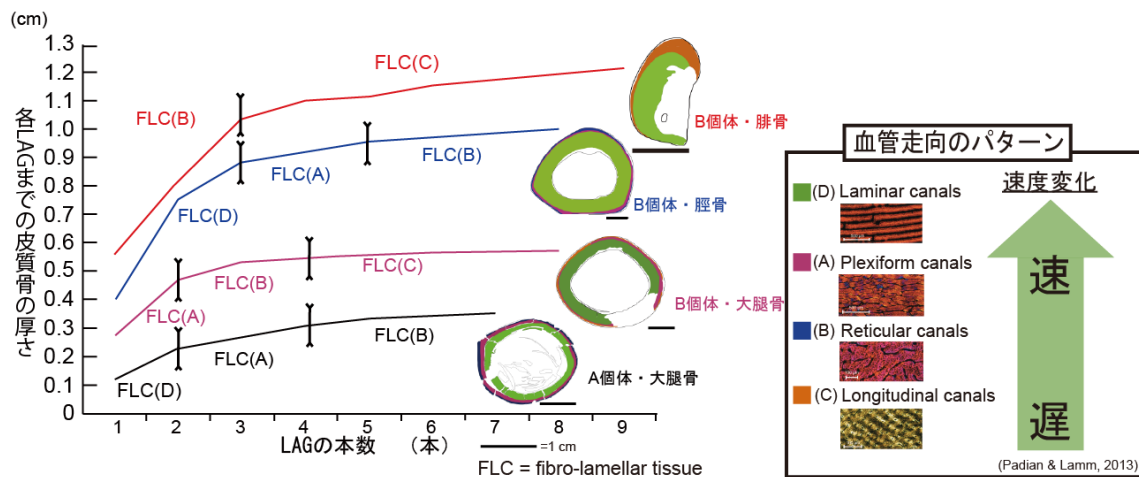


図3. 各薄片試料における成長停止線（LAG）の本数と皮質骨中における血管走向の変化を示したグラフ

5. 考察

骨髓骨並びに皮質骨の組織の観察結果を基にして、本研究のオルニトミモサウルス類は、少なくとも5–6歳で性成熟期を迎え、早ければ3–4歳から性成熟期を迎えていた可能性が示唆できる。この結果はこれまで報告されている大型種の恐竜類と比べ、孵化してから性成熟期までの年数が短いため、中型種の恐竜類の固有な成長様式や食性の違いによるものであることが考えられる。

6. 引用文献

- Hone D.W.E., Farke A.A., and Wedel M.J. (2016) Ontogeny and the fossil record: what, if anything, is an adult dinosaur? *Biology Letters*, vol.12
- Lee, A. H. and Werning, S. (2008) Sexual maturity in growing dinosaurs does not fit reptilian growth models. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol.105, pp.582-587.
- Makovicky, P.J., Kobayashi, Y. & Currie, P.J. (2004) Ornithomimosauria, in *The Dinosauria* (eds Weishampel, D.B., Dodson, P. & Osmólska, H.), pp.137-150.
- Padian, K., and Lamm, E.T., (2013) Bone histology of fossil tetrapods : advancing methods, analysis, and interpretation, *University of California Press*, pp.55-160.
- 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 Sciences Research Bulletin*, vol.3, pp.41-118.
- 山本敏男 (2000) 鳥類にみられる骨髓骨について. 岡山歯学会誌, vol.19, no.2, pp.219-225.

モンゴル上部白亜系バインシレ層から産出した 獣脚類テリジノサウルス類の上腕骨化石新標本の記載

林 昭次・宮崎俊喜

1. はじめに

テリジノサウルス類は獣脚類というグループに含まれる恐竜である。ほとんどの獣脚類は肉食性であるが、テリジノサウルス類は左右対称の鋸歯などの特徴から2次的に非肉食性に進化したグループであると考えられている。そのため、肉食性から非肉食性への進化がどのような過程で起こったかを理解するために、テリジノサウルス類は注目されている。しかしながら、これまでに見つかっている標本はどの種も断片的なものが多いため、各産出地域における、テリジノサウルス類の多様性についてはよくわかっていない。

1993年に新たなテリジノサウルス類標本がモンゴルゴビ砂漠に堆積するバインシレ層から発見された。この新標本を報告し、バインシレ層におけるテリジノサウルス類の多様性について考察する。

2. 研究標本

モンゴルゴビ砂漠南東部バイシンツァフ地域に分布するバインシレ層（セノマニアンからサントニアン）から産出した左上腕骨化石標本 HMNS-94-03-11 を使用する。

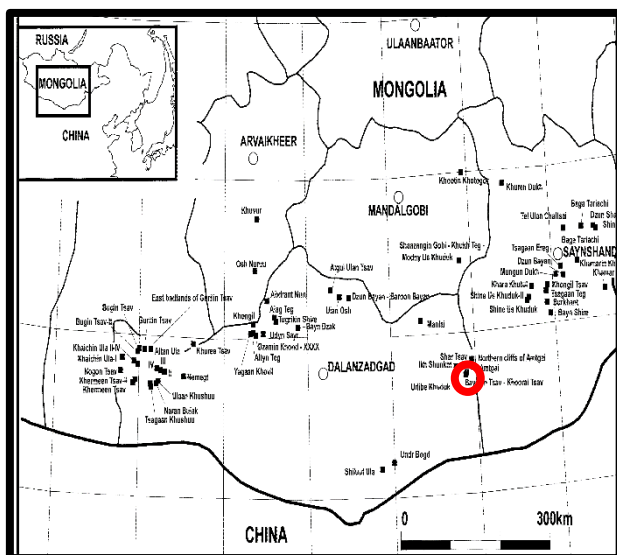


図1 モンゴルゴビ砂漠南東部
バイシンツァフ地域
Watabe et al. (2002)

Period	Sub-period	Epoch	Age	Vertebrate fauna
CRETACEOUS	K2	Senonian	Maastrichtian	N
			Campanian	B/D
			Santonian	B/D
			Coniacian	Baynshire
			Turonian	Baynshire
			Cenomanian	Baynshire
			Albian	ek

図2 バインシレ層の年代
Watabe et al. (2002)

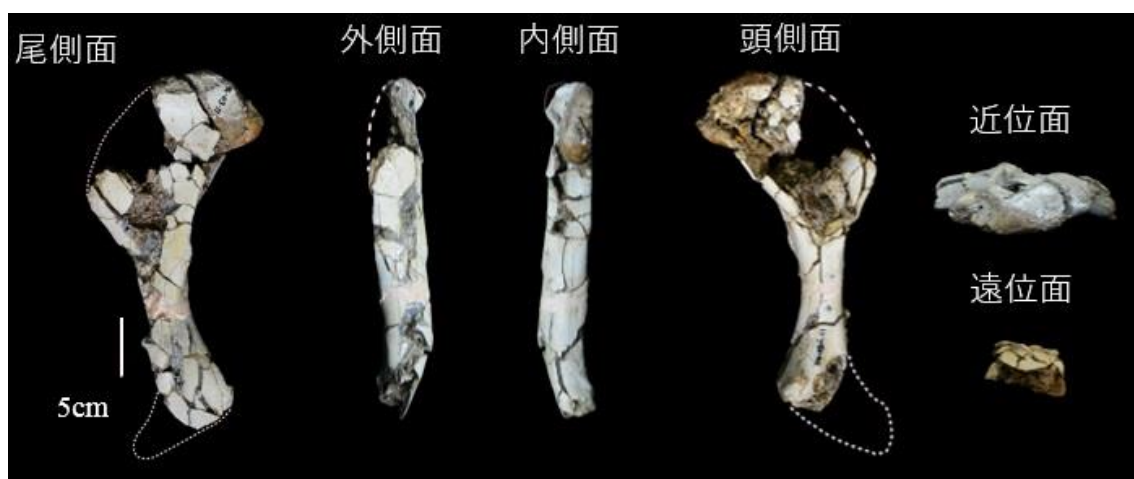


図3 研究標本 HMNS-94-03-11

3. 研究手法

研究標本の計測はデジタルノギスと画像解析ソフト Image Jで行った. また, 計測データと共に先行研究で示されたテリジノサウルス類上腕骨の特徴と研究標本を比較した. さらに, これまでに報告されているバインシレ層から産出する他の恐竜類の上腕骨とも比較を行った.

4. 標本の同定

研究標本の遠位端が欠損しているため, 一部の特徴は観察することができなかった. しかし, 本標本とこれまでに報告されているテリジノサウルス類の上腕骨とを比較したところ, テリジノサウルス類固有の特徴が本標本に4点観察できた. さらに他の恐竜類の上腕骨と比較したところ, 本標本はテリジノサウルス類以外の恐竜類の上腕骨形態とは著しく異なっていた.

先行研究で示された特徴を基に属レベルでの同定を試みた. 本標本の産出地からはこれまでに2属のテリジノサウルス類 (*Erlikosaurus*, *Segnosaurus*) の上腕骨が発見されており, それらと本標本を比較したところ, どちらの属とも異なる特徴が2点観察された. 本標本が上腕骨しか発見されておらず, これ以上特徴を観察することができないため, この研究では本報告標本を属不明のテリジノサウルス類 (*Therizinosauroidea* indet.) と同定した.

5. 考察

バインシレ層でこれまで見つかったテリジノサウルス類は *Erlikosaurus*, *Enigmosaurus*, *Segnosaurus* の3属である. 上腕骨が未発見の *Enigmosaurus* とは比較することができないが, 少なくとも本標本は *Erlikosaurus*, *Segnosaurus* とは異なる特徴が観察された. 従って本標本はこれまで知られていない形態のテリ

ジノサウルス類上腕骨である。

本研究によって、これまでには知られていない形態の上腕骨を持つテリジノサウルス類がバインシレ層に生息していたことが明らかとなった。

Erlikosaurus, *Enigmosaurus*, *Segnosaurus* に加え、本標本の報告から、バインシレ層には3種以上のテリジノサウルス類が生息していたのではないかと考えられる。

ゴビ砂漠堆積物の鉱物組成について

小林 祥一

1. はじめに

本事業の目的として、層序の年代測定と対比が上げられている。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。こ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、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、および堆積物の鉱物学的特徴を得ることを目的に、今回は特にモンゴル、ゴビ砂漠堆積物の鉱物組成に関する研究を主に XRD (X 線回折装置) によって行った。また、堆積物の形態的特徴を検討するために SEM (走査型電子顕微鏡) での観察も行った。

2. 実験方法

2-1. 試料の選定

2016 年にゴビ砂漠 Baynshire Tsav 地域で採集された 30 種類の堆積物を対象とした。本地域の堆積物は本プロジェクトメンバーの實吉氏によって、Unit 1 から 3 に分類されており、Unit 1 は浅瀬や

川底の堆積物、2 は川底の堆積物、3 は氾濫原の堆積物とされている。しかし、堆積の時代もまちまちで、しかも川は蛇行して流れ、堆積と浸食が繰り返されていたことも考えられ、この分類はもちろん柱状図作成も困難で、従って対比による堆積構造を把握することは極めて困難とのことである (實吉氏私信)。

これら事情を踏まえた上で、Fig. 1 に示す東西約 2km 南北約 1.5km の範囲の調査地域のうち、今回は分布面積が広くしかも広範囲に分布が認められる Unit 2 に着目し、産する位置をもとに A, B, C, D のブロックに分けた。また、Unit 2 とはされていないが、これらブロックの間にある試料も採取されていることか

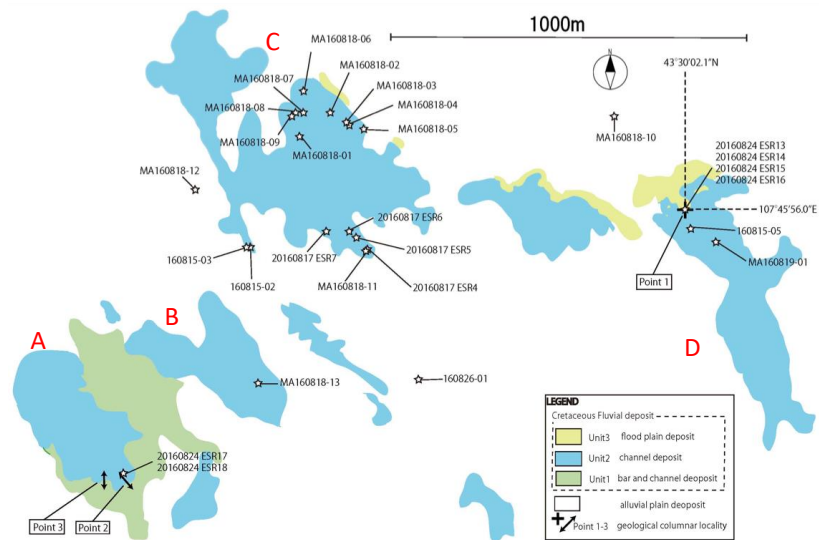


Fig. 1. Sample collection points and grouping of Unit 2 (from Miss Tsutanaga).

ら、これらを B-C および C-D とした。6 ブロックからのこれら堆積物中の鉱物組成について検討することとした。

2-1. 堆積物の XRD による定量分析および SEM による観察

X 線回折法による定量分析では、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測定した。定量分析は RIR 法 (Appendix 参照) で行った。一方、SEM 像の観察は堆積物を P-レジンで固め、表面を鏡面研磨後、炭素蒸着したものを電子顕微鏡下で観察した。

3. 結果および考察

4. RIR 法による定量分析結果を、各ブロック別に Fig. 2 にまとめて示した。堆積物の構成鉱物は、石英、斜長石 (Na 長石 - Ca 長石)、アルカリ長石、方解石、雲母あるいはイライト、緑泥石、粘土鉱物 (モンモリロン石) であった。対象とした堆積物中には、どの試料にも共通して石英が種々割合 (20~50wt%) で含まれる。斜長石は A, B-C ブロックでその割合が多く、A ブロックでは灰長石も見られる。アルカリ長石は D ブロックで卓越している。A, D ブロックではほとんどが石英と長石類からなり、風化変質が進んだ堆積物から構成されていることを示している。方解石は B-C, C, C-D ブロックで見られ、特に C ブロックの堆積物中には必ず含まれ、20% から 50% と相当量含まれている。調査地域近くには石灰岩が認められるとの報告があることから、そこから供給されたと考えられるが、A、D ブロックではほとんど含まないことの説明は難しい。石英と方解石とは C ブロックではほぼ負の相関を示している。白雲母あるいはイライトは、量は少ないがすべてのブロック中で確認された。変質生成物としては、マフィック鉱物の変質によると考えられる緑泥石、長石類からの生成物であるモンモリロン石などの粘土鉱物が認められた。

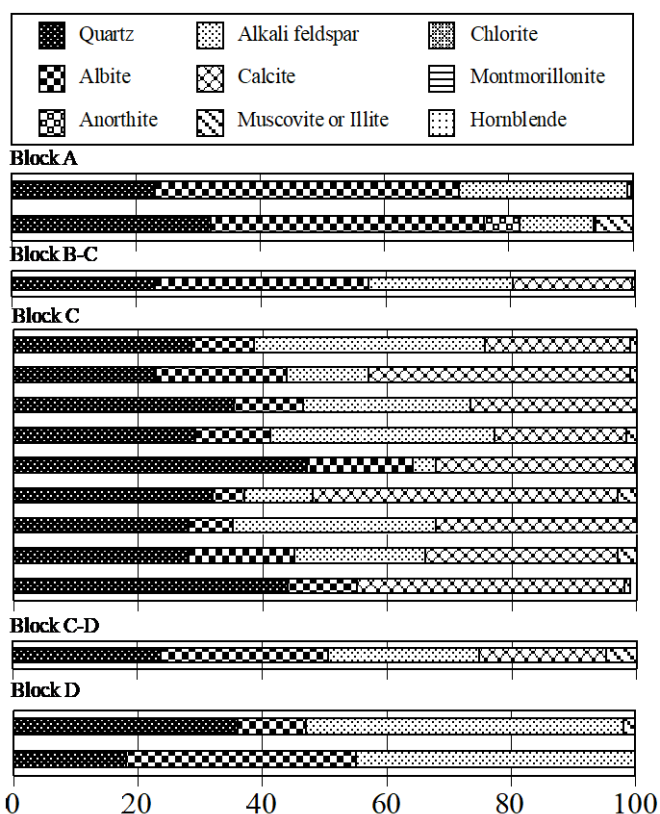


Fig. 2. Mineral composition of sediments from Baynshire Tsav by block.

上述のように A、D ブロック以外の調査地域では方解石を含有している。これらは近くの石灰岩から供給されたと仮定し、それ以外の主成分鉱物である石英、アルカリ長石、斜長石の量比について各ブロックの特徴を示す(Fig. 3)。方

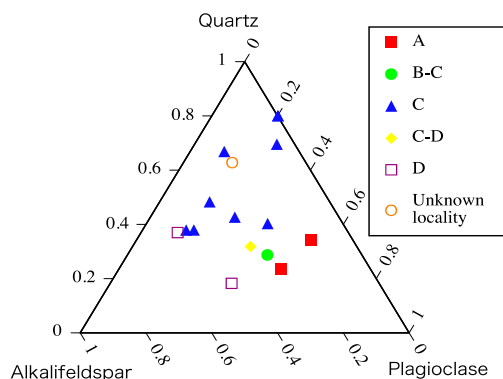


Fig. 3. Mineral composition of sediments from Baynshire Tsav, Mongolia.

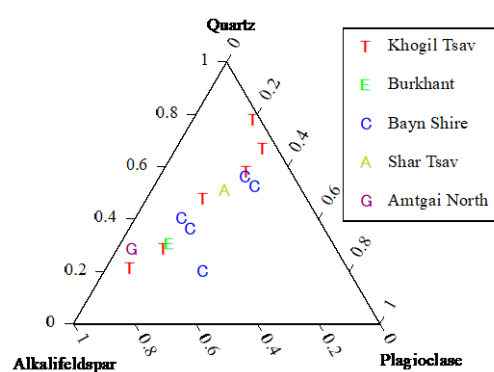


Fig. 4. Mineral composition of sediments from other areas except Baynshire Tsav, Mongolia.

解石を含まない A、D ブロックでは、石英が少なく花崗岩質岩石の分類からすると花崗岩から花崗閃緑岩、一部石英モンゾニ岩であり、一方方解石を含む B-C、C、C-D ブロックの鉱物組成範囲は広く石英に富む傾向を示している。

2016 年度の調査では、Baynshire Tsav 以外にも、Khogil Tsav, Burkhant, Bayn Shire, Shar Tsav, Amtgai North の調査もされ、それら試料も比較のために定量分析を行ったので、その結果を石英—アルカリ長石—斜長石三成分系図に示した (Fig. 4)。これらの地域のうち Shar Tsav と Amtgai North は Baynshire Tsav から十数 km 以内のところに位置しているが、それ以外は同じゴビ砂漠ではあるが、数百 km 離れている。これらは斜長石に乏しく、同様な分類方法に従うと主に花崗岩から石英に富む花崗岩の鉱物組成に近い値を示している。

この地域は平面でほとんど傾斜がないことから、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とされている (實吉氏私信)。この考えは、河川堆積物の鉱物組成が場所によって規則性がないこと、また Baynshire Tsav の堆積物が三成分系図(Fig. 3)中、広い組成範囲に分布していることと整合している。

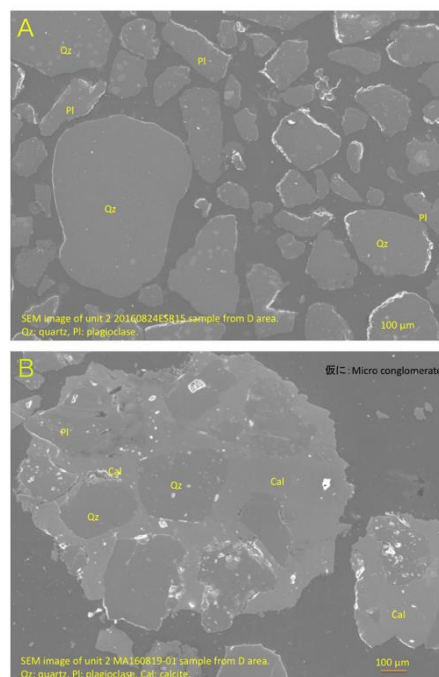


Fig. 5. SEM images of 20160824ESR15 (A) and MA160819-01 (B) sediments from Baynshire Tsav, Mongolia. Abbreviations: Qz, quartz; Pl, plagioclase; Cal, calcite.

堆積物の SEM 像を Fig. 5 に示す。Fig. 5A は石英、斜長石の鉱物粒がそれぞれ分離しているが、B は微細な礫が集合している。これら礫中には石英や長石が、方解石あるいはおそらく珪質の微細鉱物によってセメントされるという形態的特徴を示している。従って、当時の詳細な堆積環境はわからないが、平面で砂漠地域であることから続成作用は進みにくいことも考えられ、方解石に関しては近隣の石灰岩からの供給だけでなく、遠方からの供給物と考えることも必要である。

以上のことから、Baynshire Tsav の同じブロックの堆積物中には、古い時代に別な場所で堆積した堆積物が続成作用で砂岩になり、その後の風化浸食運搬で今の場所に流れ着いた堆積物と、源岩が風化しそのまま運搬され堆積したものが混在している可能性が示唆される。従って、堆積年代および堆積環境を検討する際には、これらを考慮することが必要であろう。

5. まとめ

モンゴル南部のゴビ砂漠から採取された堆積物の中で、今回は Baynshire Tsav (東西約 2km、南北約 1.5km) の堆積物の、いわゆる Unit 2 について、A, B, B-C, C, C-D, D ブロックに分け、それぞれの堆積物の鉱物組成およびその形態を検討した。その結果を以下に示す。

- ・この範囲内でも、比較的北側の C ブロックの方が、南の A, D より石英の含有量が多い。
- ・南側ほど長石類、白雲母あるいはイライトが多い。
- ・北側の A ブロックには方解石が 20 から 50% と相当量含まれている。
- ・堆積物は、個々の鉱物が分離している場合と、堆積物が小さな礫の集合体からなるものがある。
- ・方解石は個々の鉱物粒として堆積物中に見られるが、石英、長石のセメント物質として小さな礫の一部としてもみられる。

以上の結果は、化石が埋没した堆積年代および堆積環境を推定する際の基礎的データとなることが期待される。

Appendix

RIR 法による定量 (PDXL 定性ユーザーマニュアル, Rigaku, 2015)

RIR(Reference Intensity Ratio)値 R_i が与えられている場合、最大ピークの積分強度を用いて、重量比を算出できる。ある物質の RIR 値 R_i とは、その物質と corundum(Al_2O_3)を重量 1:1 で混合したときの最大ピーク強度 $I_i^{\max}$ の比で定義される。物質と corundum の重量比が $W_i:W_c$ のときは、

$$W_i/W_c = (1/R_i) / (I_i^{\max}/I_c^{\max})$$

よって、

$$W_i \propto I_i^{\max} / R_i$$

となり、物質 i の RIR 値 R_i と最大ピーク強度 $I_i^{\max}$ を用いて、重量 W_i を求めることができる。また別の回折ピークの積分強度を測定することによって、回折ピークと最大ピークの強度比を求めることができれば、最大ピークがその他の相の回折ピークと重なっていても同様に重量比を算出することができる。

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た (表 1)。単粒子での年代測定を行うため粒子が二次的事象の影響を受けていなければ、それぞれの粒子の年代を確定することができる。ただしその混合割合(分布)については多数の試料を測定する必要があるが、や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。10 月 14-15 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。試料は必要とする元素以外が強く放射化するため 3~6 カ月間は冷却を待たねばならず、現在京都大学の水圧輸送管に付帯する保管庫で保存中である。2018 年度に測定予定である。

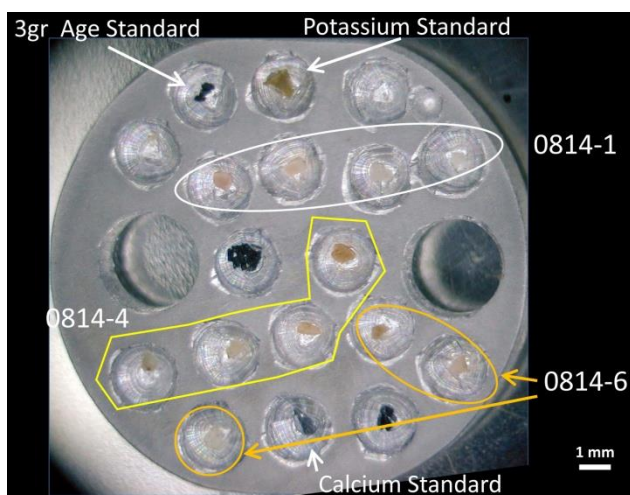


図 1 直径 2 ミリの穴に装填た長石試料 (ピンクと白色)

モンゴル恐竜化石の組織学的解析

辻極 秀次

1. 恐竜化石の脱灰薄切組織標本の解析

(1) 脱灰組織標本の作製

現在、恐竜に関する研究は化石の形態学的特徴を基に解析が行われており、恐竜の詳細な系統関係や進化等に関しては不明な点が多いのが現状である。近年、現生生物に関しては形態学的な解析に加え、多種のゲノム情報やアミノ酸配列を利用した客観的で信頼度の高い解析が可能となっている。

モンゴル恐竜化石は一般的に非常に保存状態がよいことが知られており、骨芽細胞が産生した初生のリン酸カルシウムが残存している可能性が指摘されている。骨組織の70%程度はリン酸カルシウムで構成されているが、その他はコラーゲンや非コラーゲン性蛋白質等からなりカルシウムに特異的に結合して骨基質を形成している。リン酸カルシウムと骨基質蛋白質の結合性から、恐竜骨化石にリン酸カルシウムの存在があれば、カルシウムに保護されるように骨基質蛋白質が残存している可能性が考えられる。そこで本研究では、恐竜化石に含まれる骨基質蛋白質を検出することを目的に、現代のヒトや現生動物の硬組織研究に用いられている方法を応用し骨基質蛋白質の検出を試みた。

恐竜化石の解析には骨組織、腱、歯を含むモンゴル恐竜化石を用いた。化石試料は10%EDTA脱灰液で脱灰後、実体検鏡で観察を行った。また脱灰した試料は定法にてパラフィンブロックを作製、5 μm に薄切した後、HE染色を施し組織学的に観察した。

脱灰した試料の実体顕微鏡による観察では、歯牙組織は溶解し残存する組織は観察されなかった。骨組織では複数の試料においてハバース管やホルクマン管に類似した血管様の網状構造が観察されたが、これらは脱灰により骨基質が溶解し、EDTA非脱灰性鉱物により裏装もしくは充填された血管が表出してきた

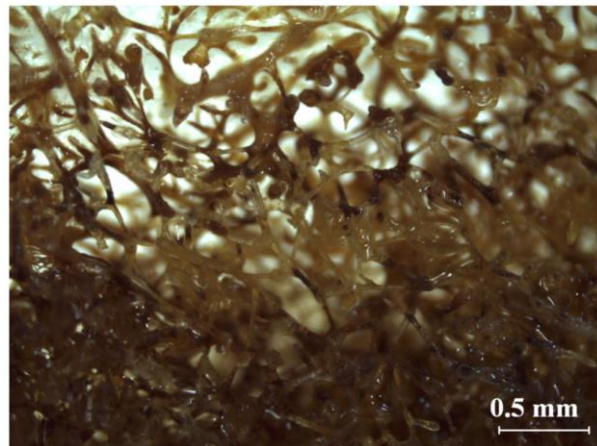


図1 血管様の網状構造が表出した脱灰骨組織

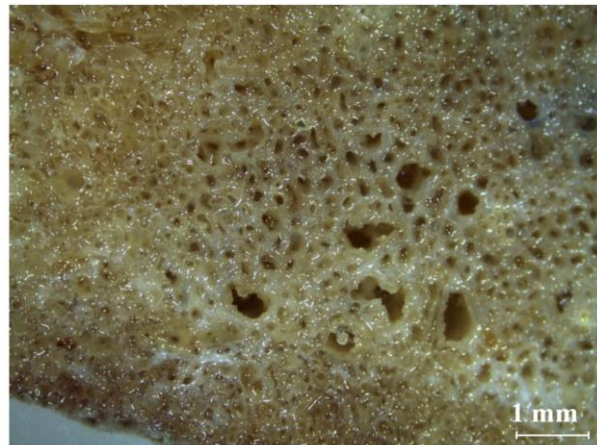


図2 脱灰操作後も骨基質が溶解せず保たれていた骨組織

ものと考えられた（図1）。しかしながら一部の化石では現生生物の骨組織と同様に、EDTAによる脱灰によっても肉眼的にほとんど変化が認められず骨基質が溶解しない化石が認められた（図2）。EDTA脱灰液により肉眼的に変化が認められなかった試料において定法にてパラフィンブロックを作製し、ミクロトームによる薄切を試みたところ、驚いたことに多数の亀裂が生じるものの組織切片作製が可能であった。HE染色標本による観察では、細胞やヘマトキシリン好性の核は認められなかったものの、血管腔と思われる構造体の周囲に骨基質を構成すると考えられるエオジン好性の線維性結合組織が観察され、骨基質タンパク質残存の可能性が考えられた（図3）。今後は、マイクロダイセクションを用いて切片上から骨基質と考えられる線維性結合組織のみを回収し、エドマン分解法を用いて直接的に蛋白質の検出同定とアミノ酸配列を決定していきたいと考えている。

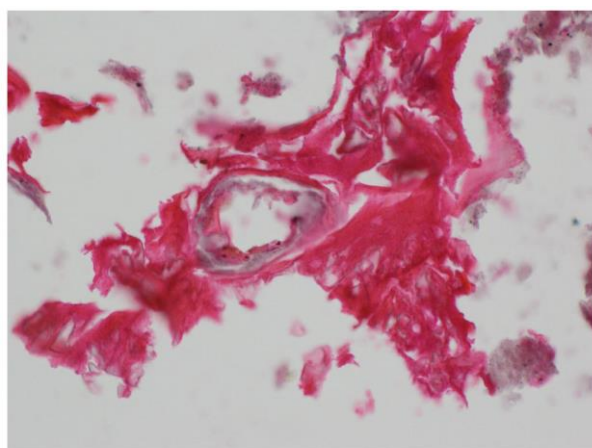


図3 ハバース管と思われる血管腔周囲に骨基質と考えられるエオジン好性の線維性結合組織を認めた。

（2）骨髓骨の特殊染色

一般的に恐竜化石では骨組織など硬い組織のみが保存されているため、性別など軟組織に特徴付けられる情報に関しては入手する手段が無かった。しかし2005年Schweitzerらにより鳥類の雌に特徴的な骨髓骨が恐竜の骨組織に存在していることが報告され、恐竜化石においても性別の判別が可能となった。しかし恐竜の骨髓骨に関する研究は形態学的な特徴に関するものが主であり、客観的で化学的な組成に着目した研究報告は殆どないのが現状である。そこで恐竜骨化石の解析に先立ち、現生生物であるニワトリを用いて骨髓骨の特殊染色による化学的解析を試みた。

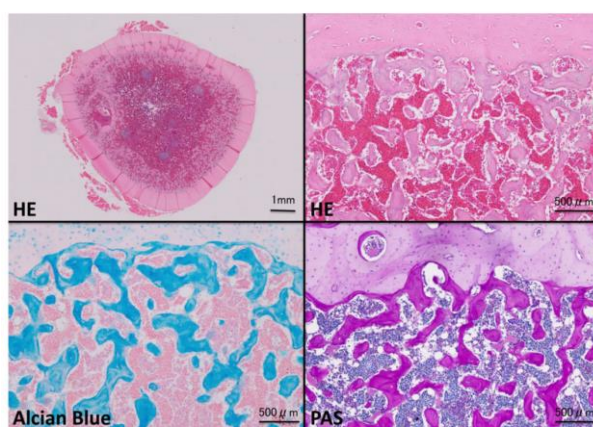


図4 皮質骨はアルシアンブルー染色、PAS染色陰性であるが、骨髓骨に特異的に陽性所見が認められる。

ニワトリ骨髓骨の解析には生後600日のメス大腿骨、脛骨を用いた。骨組織摘出後直ちに4%パラフォルムアルデヒドで一晩固定、10%EDTA脱灰液で脱灰後、定法にてパラフィン薄切標本作製、HE染色、アルシアンブルー染色、PAS染色を施し組織学的に観察した。組織学的な観察では、大腿骨、脛骨周囲の皮質骨はアルシアンブルー染色、PAS染色陰性であったが、骨髓骨においては両染色共に特異的な陽性所見が認められた。今後は恐竜化石においても本染

色法等を用いた解析を行う予定である。

2. 現生生物骨組織の赤外分光分析の試み

生体硬組織から物質の構造情報を得るためには様々な手法がある。顕微赤外分光法もその中の一つである。化石などの試料を粉碎・抽出した試料ではなく、組織内の生体高分子の存在を確認し、その分布情報を得ることは非常に重要である。化石の薄切切片の作製には脱灰が必要である。そこで、硬組織である骨組織を脱灰した薄切切片を作成し、顕微赤外分光法測定を行った。

イヌ下顎骨、ラット脛骨、ウサギ脛骨を 10 % ホルマリン溶液で 24 時間固定した後、10% EDTA 溶液中で 4°C、14 日間脱灰した。その後厚さ 5 μ m に薄切し、プレート上に固定した。顕微赤外分光装置は NicoletTMiSTM50 FT-IR(Thermo Fisher Scientific Inc.)を使用した。検出器は液体窒素の温度に冷却した HgCdTe(MCT)検出器を使用した。測定範囲は、赤外顕微鏡に取り付けられる CCD カメラを使用して確認し、150 $\times$ 150 μ m² の領域のスペクトルを測定した。

まず、ガラスプレート上に脱灰骨切片を固定し反射法で顕微赤外分光測定を行った。しかし大きくベースラインが湾曲し、満足できる質のスペクトルは得られなかった。そこでフッ化カルシウムプレート上に脱灰骨切片を固定し、透過法で顕微赤外分光測定を行った。

図 1 にラット脛骨 (図 5 A) と骨端軟骨 (図 5 B) の顕微赤外スペクトルを示す。1650 cm^{-1} にアミド I に帰属されるバンドが観測された。また 1542 cm^{-1} 及び 1240 cm^{-1} にアミド II、アミド III の信号も確認された。非脱灰試料の赤外スペクトルはリン酸の P-O 伸縮モードに由来する巨大な信号が観測されるが、本実験で用いた試料は脱灰試料なのでその信号が消失している。代わって、通常はマスクされ観測されない信号が 1081 cm^{-1} 及び 1033 cm^{-1} に観察された。骨端軟骨はタイプ II コラーゲンやプロテオグリカンなどにより構成されていることが知られており、これらの信号は carbohydrate の信号であることがわかる。これにより、脱灰化することにより、骨中のプロテオグリカン類の検出が可能であることが示された。またウサギ脛骨においてはラット脛骨と非常に類似したスペクトルパターンを示した。このことは種が異なっても顕微赤外吸収スペクトルから組織を同定できることが期待される。

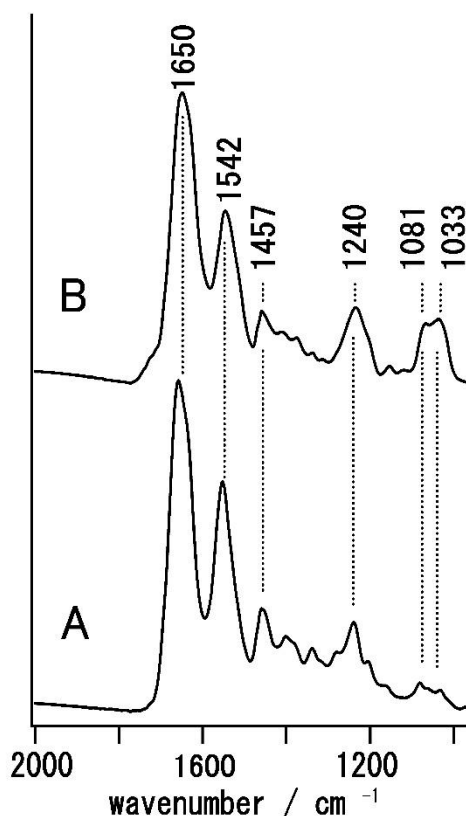


図5 ラットの脛骨(A)と骨端軟骨(B)の脱灰非染色試料の顕微赤外吸収スペクトル

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

豊田 新・仁田祐輔

1. はじめに

モンゴル南東ゴビ砂漠白亜紀堆積物中に恐竜化石が産するが、付近には火山岩が非常に少なく、年代を決めるには困難が伴う。これらの堆積物の主要構成鉱物である石英に見られる電子スピン共鳴 (ESR) 信号を用いて、各堆積層を特徴化することにより、離れた地域間の層序の同定、ひいては年代決定に資することを期待して分析を行った。

2. 自然の石英に見られる ESR 信号

石英(SiO_2)中に、不対電子をもつさまざまな常磁性格子欠陥が報告されている (Weil, 1984)。これらのうち、自然の石英には一般的に次のような常磁性格子欠陥が観測される。

E_1' 中心は、結晶中の酸素が欠損し、そこに不対電子が捕獲されたものである。酸素空孔は電子 2 個をとらえた反磁性の状態 (Si-Si 結合) が安定であるが、照射後加熱することで A_1 中心 (後述) より供給される電気的なホールをとらえることにより E_1' 中心を生成する (Jani et al., 1983)。この性質を利用し、照射、加熱を行って 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る (Toyoda and Ikeya, 1991)。石英中の酸素空孔量は 10^7 - 10^9 年の範囲で年代と相関があることが示されており (Toyoda and Hattori, 2000)、大まかに石英の結晶年代を示す。

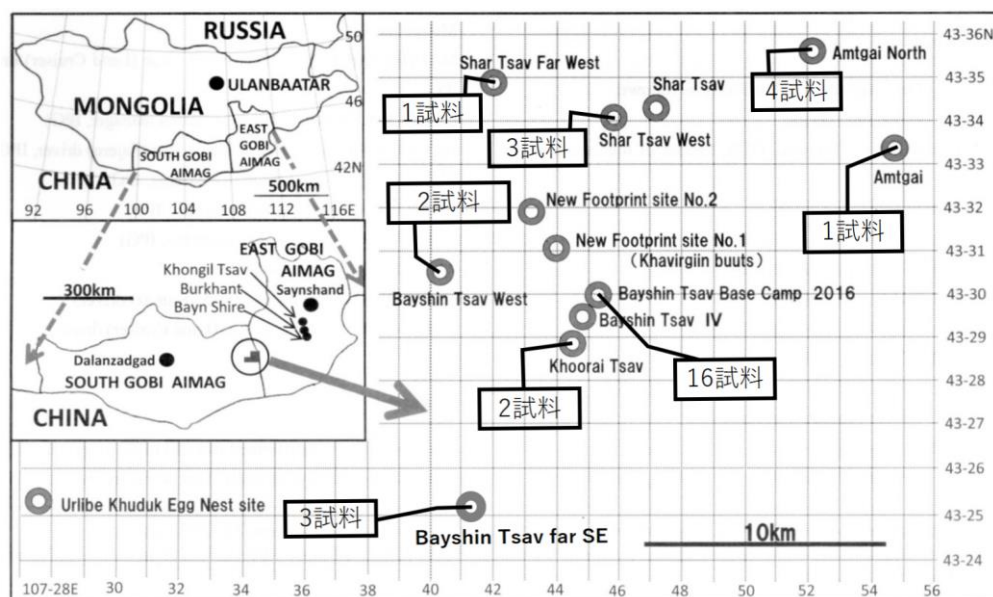


図1 試料の採取地点 Ishigaki et al. (2016) に加筆

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	2016/8/15	15-02
		15-05
	2016/8/17	ESR4
		ESR5
		ESR6
		ESR7
	2016/8/18	MA18-01
		MA18-02
		MA18-05
		MA18-06
		MA18-11
	2016/8/24	ESR13
		ESR15
		ESR16
		ESR17
		ESR18
Bayshin Tsav West	2016/8/16	16-01
		16-02
Bayshin Tsav far SE	2016/8/18	18-04
		18-10
		18-11
Khoodrai Tsav	2016/8/25	ESR19
	2016/8/26	ESR20
Shar Tsav West	2016/8/16	ESR3
		16-03
		16-04
Shar Tsav far West	2016/8/16	16-07
Amtgai North	2016/8/23	23-02
		23-07
		ESR10
		ESR11
		ESR12
Burkhant	2016/8/14	ESR1
Bayn Shire	2016/8/14	ESR2
		14-03
Khongil Tsav	2016/8/13	13-01
		13-02
		13-05

Si を置換して Al, Ti, Ge が石英中に含まれ、照射によって常磁性の ESR 信号を示す。Si を置換した Al がホールをとらえることで Al 中心, $[\text{AlO}_4]^0$, を生成する。Ti 及び Ge は電子をとらえるが、電気的中性となるために、室温では石英の格子内を動き回るアルカリイオンを伴って、Ti-Li 中心, $[\text{TiO}_4/\text{Li}^+]^0$, Ti-H 中心, $[\text{TiO}_4/\text{H}^+]^0$, Ge-Li 中心, $[\text{GeO}_4/\text{Li}^+]^0$, Ge-H 中心, $[\text{GeO}_4/\text{H}^+]^0$, など生成する。粉末スペクトルにおいて、Ti-Li 中心と Ti-H 中心は区別できるが、一連の Ge 中心は区別できない。これらの不純物中心の生成は、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。また受けた放射線の量によって信号強度が増大する一方、第四紀の年代測定にしか使用できない程度の熱安定性をもっている。今回の研究では後者の性質による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。

3. 試料及び ESR 測定

モンゴル南東ゴビ砂漠の恐竜化石を含む層序を含む一連の砂層堆積物を 2016 年の調査で採取した。採取地点を図 1 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。

試料は乾燥後、ふるい分けをして、150-250 μm 及び 250-500 μm 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ガンマ線照射及び 300 $^{\circ}\text{C}$ 15 分の加熱後に ESR 測定を行った。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 $^{\circ}\text{C}$ で 1 時間加熱し、試料のもっている ESR 信号を消去した。ガンマ線を照射し、ESR 測定を行った。これらの過程を図 2 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。E₁' 中心は室温においてマイクロ波出力を 0.01mW、Ge 中心は室温においてマイクロ波出力を 5mW、Al 中心及び Ti 中心は、温度可変装置を用いて 81K において、マイクロ波出力を 5mW、磁場変調幅はいずれの信号につい

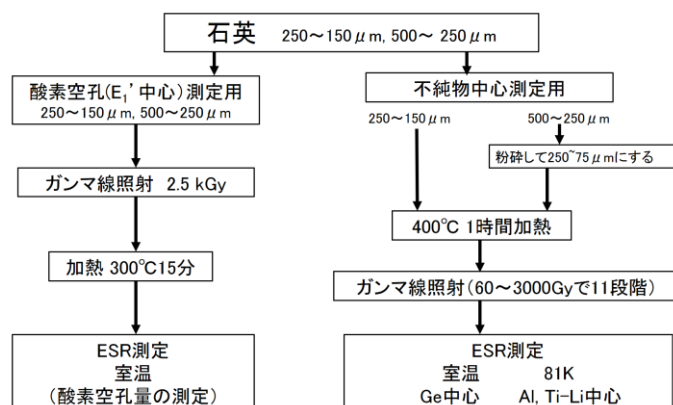


図 2 試料の測定手順

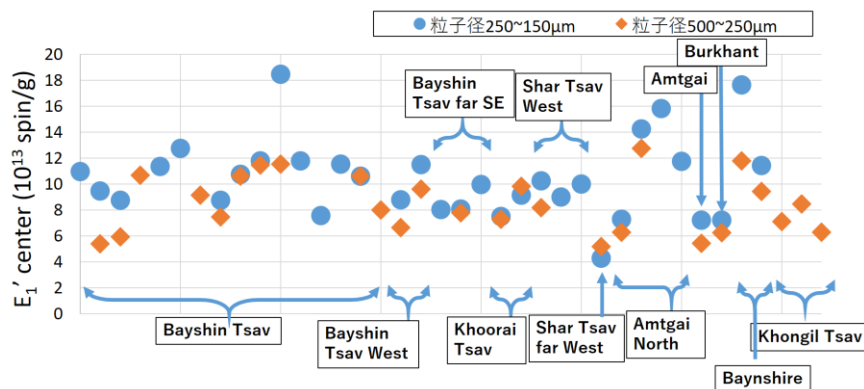


図3 酸素空孔量についての ESR 測定結果

でも 0.1mT として測定を行った。

4. 結果

(1) 酸素空孔量

酸素空孔量については、図3に示すような結果が得られた。値にばらつきがあるが、採取地域に特徴的な差異は観測できなかった。差異があるとするば、試料数を増やして確認を行う必要がある。

酸素空孔量は 10^7 年以上のタイムスケールで自然放射線によって生成する (Toyoda et al., 2005) ため、これらの試料については堆積後に生成した酸素空孔量が無視できない。従って、石英の起源に応じた信号強度を示しているというより堆積後の環境に影響を受けている可能性も考えられる。

(2) 不純物中心

不純物中心についての結果を図4から図9に示す。不純物中心の ESR 信号強度は、一般に、線量の小さいところでは線量に比例するが、不純物量に限りがあるため、飽和曲線に従って増大し、線量の高いところでは一定値となる。石英中の不純物の量に関連すると考えられる量に関しては、原点付近の直線の傾き、及び高い線量領域における飽和値の2つが考えられる。今回は後者を取り、3 kGy の吸収線量となる試料についての信号強度を飽和値としてとって検討した。

図4及び図5はこれらの信号強度を3次元でプロットした。ばらつきがあるものの、おおよそある平面上に乗っているように見える。より詳細に検討するため、Al 中心と Ti-Li 中心の相関 (図6及び8) また、Ge 中心と Al 中心の相関 (図7及び9) をそれぞれの粒径についてプロットした。両方の粒径とも Al 中心と Ti-Li 中心の信号強度に正の相関があることがわかった。Ge 中心と Al 中心については相関があるというより、Ge 中心の信号強度に試料による差異がみられた。これらの図からわかるように、相関や差異があるものの層序によって特徴的な領域にプロットされているということとはなかった。250~500μm の試料については、Bayshin Tsav 周辺と Khongil Tsav 周辺で差異がみられた。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検討をする必要がある。ジルコンの年代スペクトルからは、これらの堆積物が、北

中国及びシベリアを起源とすることが示唆されている。これらの起源から風化した堆積物の混合によってこれらの堆積物が成っているということであれば、これら起源地の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。

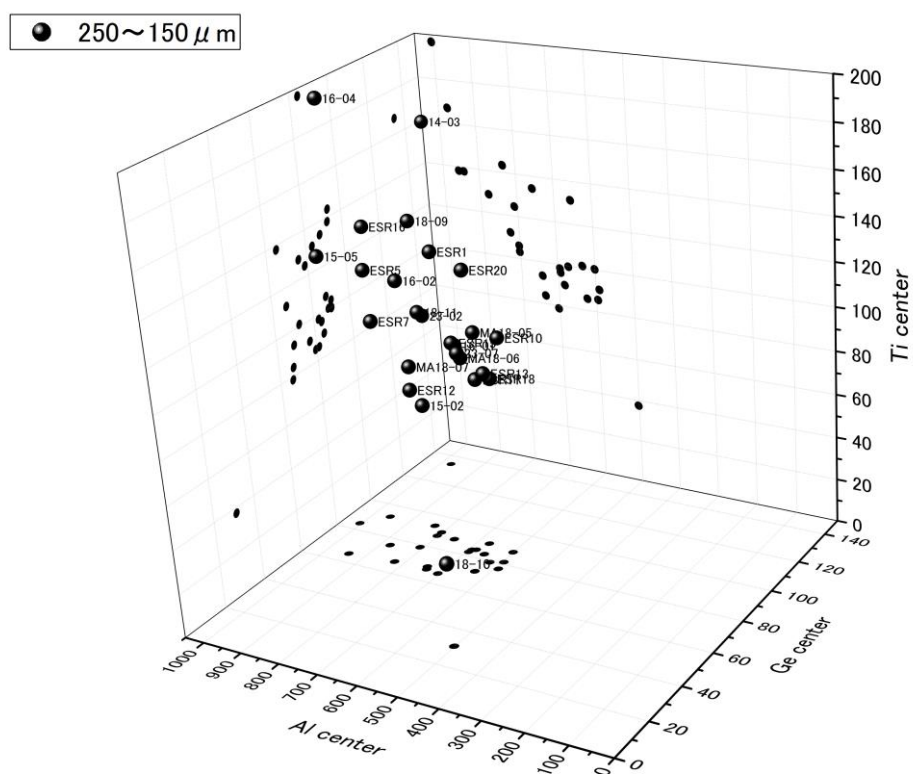


図4 150~250μm の粒径の石英にみられる不純物中心の信号強度の3次元プロット

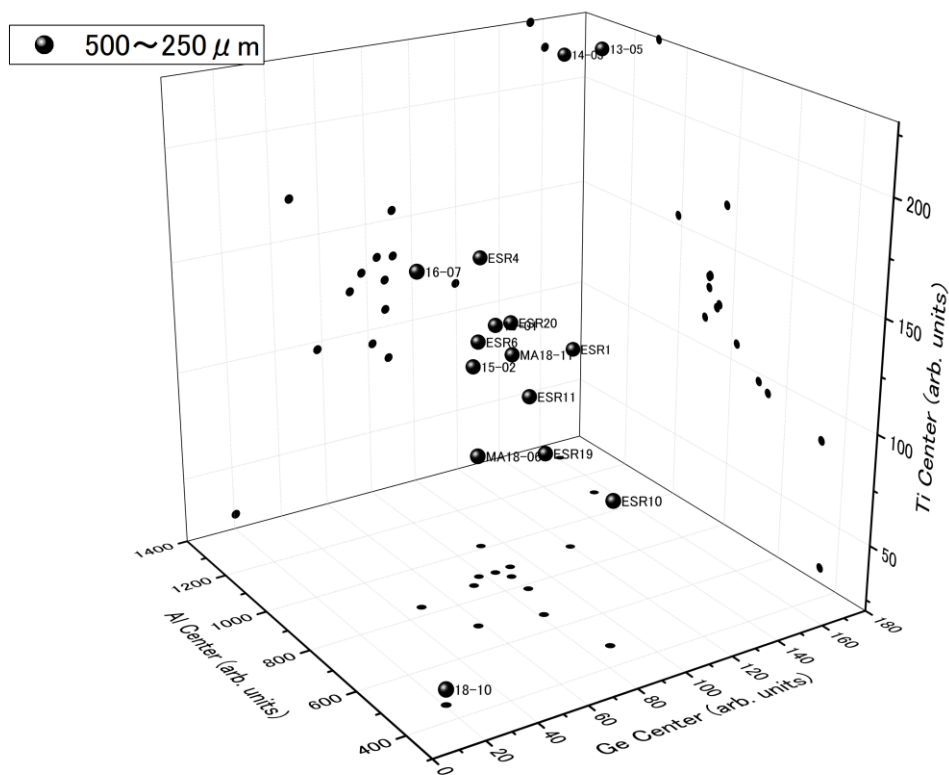


図5 250~500 μm の粒径の石英にみられる不純物中心の信号強度の3次元プロット

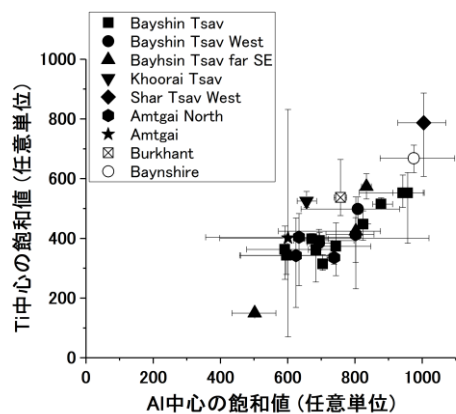


図6 150~250 μm の粒径の石英にみられる Al 及び Ti-Li 中心の信号強度の相関

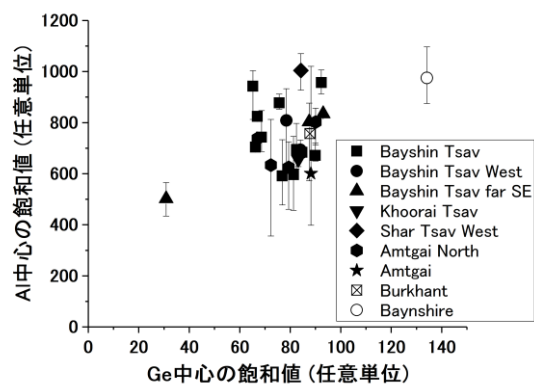


図7 150~250 μm の粒径の石英にみられる Ge 及び Al 中心の信号強度の相関

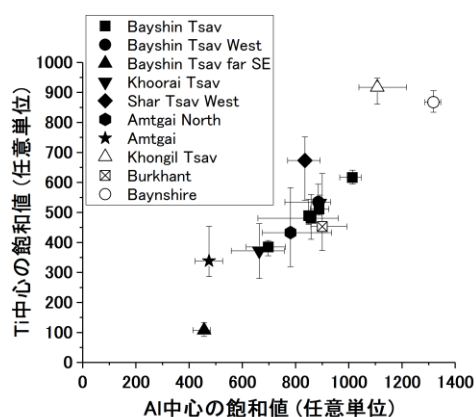


図 8 250~500 μm の粒径の石英にみられる Al 及び Ti-Li 中心の信号強度の相関

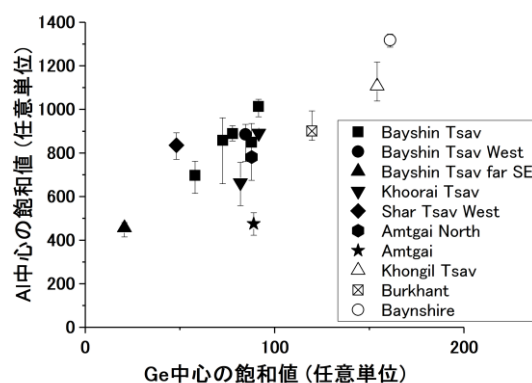


図 9 250~500 μm の粒径の石英にみられる Ge 及び Al 中心の信号強度の相関

引用文献

- Ishigaki, S., Tsogtbaatar, Kh., Saneyoshi, M., Mainbayar, B., Aoki, K., Ulziitseren, S., Imayama, T., Takahashi, A., Toyoda, S., Bayardorj, Ch., Buyantegsh, B., Batsukh, J., Purevsuren, B., Asai, H., Tsutanaga, S., Fujii, K. (2016) Report of the Okayama University of Science - Mongolian Institute of Paleontology and Geology Joint Expedition in 2016. Bull. Natural Research Center of Okayama University of Science, 42, 33-46.
- Jani, M. G., Bossoli, R. B., Halliburton, L. E. (1983) Further characterization of the E_1' center in crystalline SiO_2 , Physical Review B, 27, 2285-2293.
- 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
- Toyoda, S., Takeuchi, D., Asai, T., Komuro, K., and Horikawa, Y. (2005) Spin-spin relaxation times of the E_1' center in quartz with and without irradiation: implications for the formation process of the oxygen vacancies in nature, Radiat. Meas., 39 (5), 503-508.
- Weil, J. A. (1984) A review of electron spin spectroscopy and its applications to the study of paramagnetic defects in crystalline quartz, Phys. Chem. Minerals, 10, 149-165.

ゴビの上部白亜系から産するカメ類およびワニ類化石の分類と種構成および分布に関する予察的研究

高橋 亮雄

ゴビの中生界から知られる陸生脊椎動物化石に関する系統分類学的研究は、ほとんどが保存のよい化石にもとづいて行われており、不完全あるいは断片的な化石はこれまでほとんど注目されていなかった。最近、ゴビの中生界についてのさらなる詳細な層序の確立と年代軸を伴う古環境の変遷等の解明が強く求められており、断片的なものも含め化石標本の網羅的な分類学的研究と生物層序の確立は、こうした問題の解明へ向けた有効なアプローチのひとつといえる。ゴビの中生界から発見される脊椎動物化石のなかでも、カメ類（爬虫綱カメ目）は、破片も含めると最も多く検出される化石のひとつであり、この地域の中生界の年代の大枠を推定するうえで主要な示準化石として用いられてきた（Shuvalov and Chkhikvadze, 1979; Jerzykiewicz and Russell, 1991）。また、ワニ類の化石は、カメ類やトカゲ類、恐竜類、翼竜類とともに多産する主要な脊椎動物化石であり（Kurochkin and Barsbold, 2000）、当該地域におけるこれらの分類群の進化史をより詳しく明らかにすることは、上述の問題の解明に強く寄与すると考えられる。そこで本研究では、2016 年および 2017 年のバインシレ層分布域における発掘調査とモンゴル科学アカデミー古生物学地質学研究所における標本調査を通して、東ゴビ産のカメ類の化石のほか、恐竜類を除く爬虫類化石（とくに西ゴビ産のワニ類）の分類学的帰属について予察的に研究を試みた。その結果、以下のようないくつかの新知見が得られた。

1. 東ゴビのカメ類について

東ゴビでの発掘調査において、アドクス科の一種 *Adocus amtgai*（スッポン上科）が Khongil Tsav より、また *Lindholmemyx martinsoni*（リンドホルムエミス科）が Khongil Tsav と Bayn Shire より初めて確認された。*A. amtgai* はこれまで Amtgai と Bainshire (=Bayn Shire) から報告されており（Syromyatnikova et al., 2013）、また、*L. martinsoni* は Sheeregeen Gashoon（バインシレ層上部が分布するとされる）と Bayn Shire から報告されている（Danilov and Sukhanov, 2001）。Khongil Tsav と Bayn Shire の 2 産地の年代は、これまでおおまかに白亜紀後期（セノマニアンからサントニアン）とされていたが、これらのカメ類は、ほかの産地ではチューロニアンからサントニアンにかけての層準からのみ知られている（Danilov and Sukhanov, 2001; Syromyatnikova et al., 2013）。こうしたことから、Khongil Tsav と Bayn Shire の年代は、チューロニアンからサントニアン（バインシレ層上部に相当）に対比できる可能性が示唆された（図 2）。

2. 西ゴビのワニ類について

ゴビに分布する上部白亜系からはこれまでに 7 種のワニ類が報告されているが、ネメグト層堆積時（前期マストリヒチアン）のワニ類相は *Paralligator gradilifrons*

一種（チューロニアンから前期マストリヒチアン）のみで構成され则认为られている（Turner, 2015）. その一方、本種と同種か、もしくはその近縁種という所見が付されている未報告のワニ類の化石が Bugin Tsav II サイトより発見されており（梶谷・仲谷, 2008 ; 図 3）, 白亜紀末期のゴビにおけるワニ類相が種数において乏しかったとする上述の説に疑問を投げかけている. この標本は, 1993 年にモンゴル科学アカデミー古生物学センターと林原自然科学博物館の共同発掘調査でもたらされたもので, 発見から 25 年を迎えるが, 残念ながら未だ科学的研究成果が得られるに至っていない. そこで本プロジェクトにおいて学部生 1 名が卒業研究のテーマとしてその分類学的帰属について検討を進めたところ, 従来の所見とは異なり, 当該化石は *Shamosuchus djadochtaensis* (カンパニアンから前期マストリヒチアン) と同種か, もしくは近縁な別種であることを示唆する結果が得られた. しかしながら, 現段階では, 検討に用いた形質が頭蓋と下顎の一部に関するもののみで, さらに近縁種との比較が十分でないため, この結果についてのさらなる補強および検証が不可欠である.

引用文献

- Danilov, I.G. and Sukhanov, V.B. (2001) New data on lindholmemydid turtle *Lindholmemydus* from the Late Cretaceous of Mongolia. *Acta Palaeontologica Polonica*, 46: 125–131.
- Danilov, I.G., Hirayama, R., Sukhanov, V.B., Suzuki, S., Watabe, M. and Vitek, N. (2014) Cretaceous soft-shelled turtles (Trionychidae) of Mongolia: new diversity, records and a revision. *Journal of Systematic Palaeontology*, 17:799–832. <https://doi.org/10.1080/14772019.2013.847870>.
- Jerzykiewicz, T. and Russell, D.A. (1991) Late Mesozoic stratigraphy and vertebrates of the Gobi basin. *Cretaceous Research*, 12:345–377.
- 梶谷祐真・仲谷英夫 (2008) モンゴル国南ゴビ県上部白亜系産ワニ化石. 日本古生物学会 2008 年年会予稿集, p.79.
- Kurochkin, E.N. and Barsbold, R. (2000) The Russian-Mongolian expeditions and research in vertebrate paleontology. In: Benton, M.J., Shishkin M.A., Unwin, D.M. and Kurochkin, E.N. (eds.), *The Age of Dinosaurs in Russia and Mongolia*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 696pp.
- Shuvalov, V.F. and Chkhikvadze, V.M. (1979) O stratigraficheskom i sistematicheskom polozenii nekotorykh presnovodnykh cherepalh iz novykh melovykh mestonakhozhdeniy Mongolii in R. Barsbold, ed., *Fauna mezozoya i kaynozoya Mongolii, sovmetnaya Sovetsko Mongolsaya Palaeontologicheskaya Ekspeditisiya*. *Trudy* 8:58-76, 123, 125-126, 149. (In Russian)
- 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.
- Turner, A.H. (2015) A Review of *Shamosuchus* and *Paralligator* (Crocodyliformes, Neosuchia) from the Cretaceous of Asia. *PLoS ONE* 10(2): e0118116. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118116>

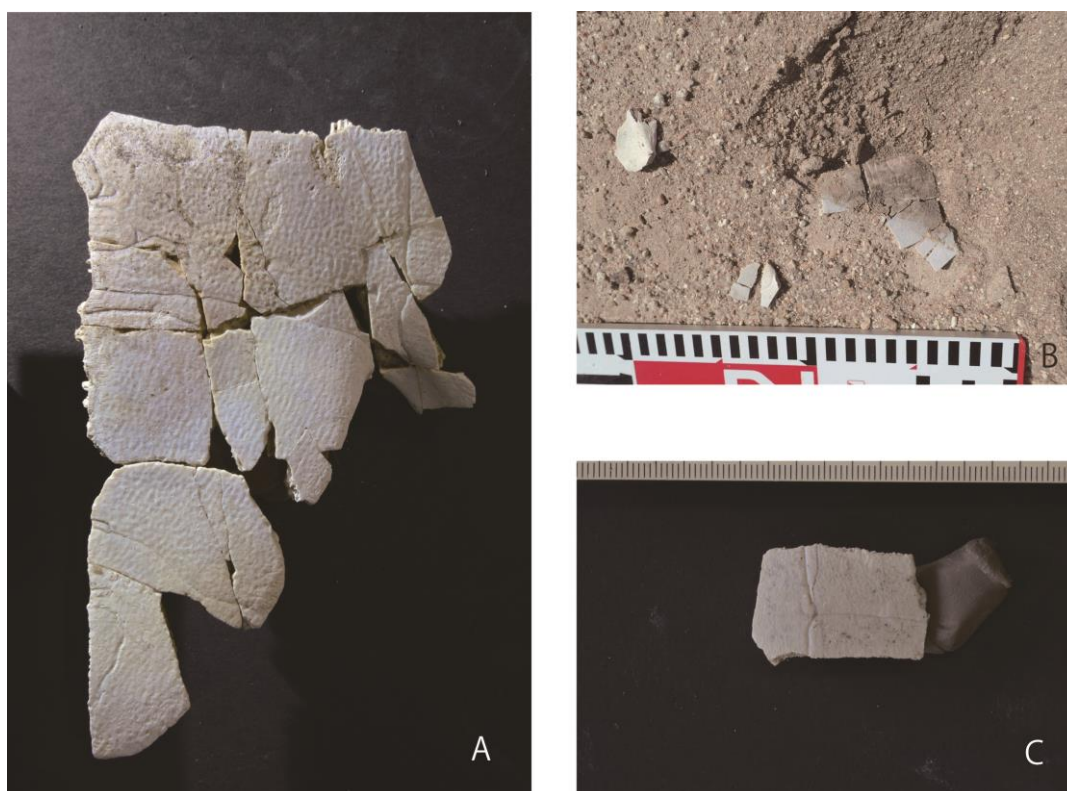


図 1. 2016 年 8 月にホンギルツァフで採集されたカメ化石 (*Adocus amtgai*). A : 腹甲左後方部 (下腹甲骨と剣腹甲骨), B : 腹甲左後方部の化石の産状, C : 遊離した肋板骨.

地質年代		カメ類の想定レンジ	
後 期 白 亜 紀	マーストリヒチアン		
	カンパニアン		
	サントニアン		
	コニアシアン	<i>A. amtgai</i> (KgT)	<i>L. martinsoni</i> (KgT, BS)
	チューロニアン		
	セノマニアン	<i>G. orlovi</i> (BK, BS)	バインシレ層 の推定年代

図. 2. *Adocus amtgai* と *Lindholmemys martinsoni* の産出地と年代から想定される Khongil Tsav と Bayn Shire の地質年代. 本文中では言及していないが、バインシレ層分布域から広く発見されるスッポン科の *Gobiapalone orlovi* は、上述の 2 種とは違い長期間繁栄していたと考えられている (Danilov et al., 2014).



図. 3. ネメグト層から発見されているものの、未報告のままとなっているパラリーゲーター科のワニ類（モンゴル科学アカデミー古生物学地質学研究所にて筆者撮影）.

モンゴルゴビ砂漠 Bayshin Tsav 火山岩類の全岩組成と K-Ar 年代：
ペルム紀沈み込み背弧型火山活動の推定

今山 武志・國府 陽一郎

1. 研究背景

2016 年に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共同調査隊が、モンゴルゴビ砂漠 Bayshin Tsav 調査を実施した際に、新たな火山岩体を発見した。Bayshin Tsav 地域には、恐竜化石が豊富な白亜紀後期の地層が知られているものの、それら火山岩類の起源は明らかではない。研究地域の西側には、130 Ma 以降に発達した大陸リフト起源の火山岩体が報告されている (Yarmolyuk et al., 2015)。また、モンゴルは世界最大の付加体である Central Asian Orogenic Belt (CAOB)の一部であり、CAOB に関連した火山岩類が多く存在する。特に、研究地域の東側では、South Mongolian microcontinent (SMM)と North China Craton (NCC)の衝突前の沈み込みによって形成された約 270 Ma の背弧型火山岩が報告されている (Li et al., 2015)。本研究では、新たに Bayshin Tsav 地域に見つかった火山岩類の成因を明らかにすることを目的として、全岩組成分析と K-Ar 年代測定を実施して、その起源と結晶年代を制約し、周囲の火山岩類と比較した。

2. 分析手法

(1) 全岩化学組成分析

火山岩 12 試料の全岩組成分析は、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、Excel、分析ソフト (Minpet Version 2.0) を用いて解析した。

(2) 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 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 を蛍光分光分析法、Ar を質量分析にて測定した。年代値は、測定値及び ^{40}K の壊変により生ずる $^{40}\text{Ar}^*$ の壊変定数 λ_e と ^{40}Ca の壊変定数 λ_β を以下の式に代入して算出した。

$$t = \frac{1}{(\lambda_{\beta} + \lambda_e)} \ln \left(1 + \frac{(\lambda_{\beta} + \lambda_e)}{\lambda_e} \frac{{}^{40}\text{Ar}^*}{{}^{40}\text{K}} \right)$$

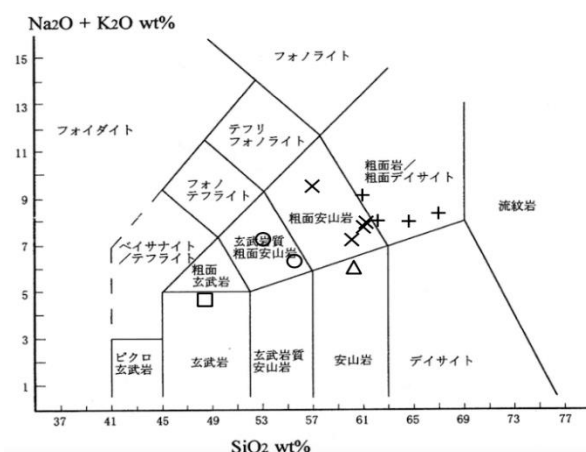


図.1 全岩組成に基づく火山岩の分類

3. 分析結果

(1) 全岩化学組成分析

全岩組成の主要元素の測定結果より、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/粗面デイサイト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（図 1）。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、N-MORB 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、Nb の負の異常を示すなどの特徴が見られた。

図 3 は、Condie(1989)による $\text{Zr}/\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ テクトニクス場判別図である。これより本研究地域の火山岩類は、プレート内火山岩類ではなく、島弧型火山岩類である事を示している。

(2) K-Ar 年代測定

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。

4. 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、Nb の負の異常は沈み込み帯火山岩類の特徴である。このことは図 3 のテクトニクス場判別図からも支持される。また火山岩類は、安山岩質、デイサイト質に卓越したアルカリ系列岩石であり、前弧型ではなく背弧型火山岩類の特徴を示す。K-Ar 年代値を考慮すると、Bayshin

Tsav で新たに発見された火山岩類はペルム紀（約 270~240Ma）の背弧型の沈み込みで形成されたと推定される。この起源は研究地域東側に位置する SMM と NCC の境界付近に分布する CAO B 沈み込み背弧型火山岩類と類似している。

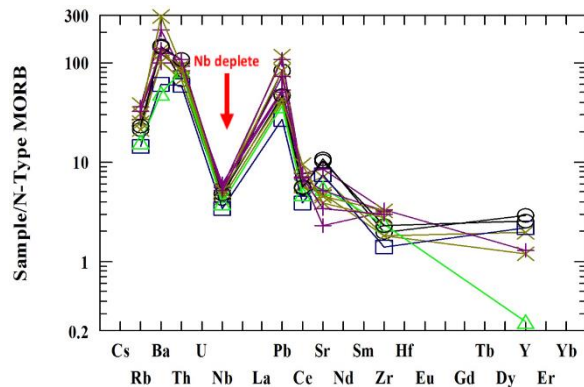


図 2. N-MORB で規格化したスパイダー図

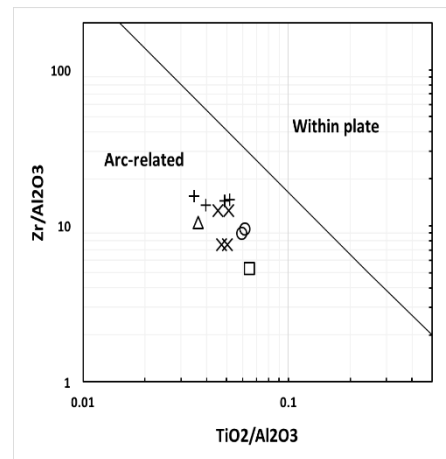


図 3. テクトニクス場の判別図

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	

5. 今後の予定

火山岩類が、沈み込み型の背弧側で生成されたことを確認するために、火山岩類の希土類元素の分析を行なう。また、これらの火山岩類の周辺部には、火山碎屑物や急傾斜した砂岩が分布する。そこで、今回分析した火山岩類と火山碎屑物の関連性を検討していく。砂岩から碎屑性ジルコンを分離して、ウラン—鉛年代測定を行ない、堆積年代を制約する。さらに、これらの結果を踏まえて、古生代後期におけるモンゴルのテクトニクスを解明していく。

参考文献

- Yarmolyuk et al., 2015. *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 111, p. 604-623.
Li et al., 2015. *Island Arc*, v. 24, p. 404-424.
Condie et al. 1989. *Lithos*, v. 23, p. 1-18.

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

青木一勝・実吉玄貴・寺田智也

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により，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, 2000)．これは上部白亜系からは多くの脊椎動物化石が産出する (Jerzykiewicz, 2000)．この中で，最下位を構成する Bayanshiree 層における最下部層の玄武岩からは 101～92Ma の年代値が報告されている (Shuvalov, 2000)．一方，Bayanshiree 層上部層準は，コニアチアン～サントニアン of 軟体動物化石が報告されている (Shuvalov, 2000)．しかしこれらの年代幅は大きく，また鍵層も報告されていない．そこで本報告では，比較的地層の連続性がよい Khongil Tsav を対象に，岩相層序と碎屑性ジルコンを用いた U-Pb 年代測定から，Bayanshiree 層形成時の古環境を明らかにする．

Khongil Tsav で認められる地層は，下位より Unit1 および Unit2 に区分できる (図 1)．Unit1 では層厚 0.1m～4.0m の粗粒～細粒砂岩と層厚 0.2m～2.0m の塊状泥岩が認められ，砂岩にはトラフ型斜交層理とリップル葉理が認められる．Unit2 では層厚 0.2m～7.5m の粗粒～細粒砂岩と層厚 0.1m～1.0m の塊状泥岩が認められ，砂岩にはトラフ型斜交層理とリップル葉理が認められる．また，Unit2 最下部では，層厚 4.0m～7.5m の赤色泥岩が認められる．これらの堆積物の特徴から，本地域に分布する Bayanshiree 層は河川堆積物であると考えられる．Unit1 では約 3.0m～6.0m，Unit2 下部では約 5.0m～10.0m の上方細粒化が認められることから，この河川は Unit1 から Unit2 に向かって大型化したと考えられる．これは Unit2 内に側方に数十 m 連続する，下位の地層を削り込む構造が認められることとも一致する．さらに，Unit2 最下部の赤色泥岩層は南東に向け層厚が薄くなっている．この地層の側方変化は，堆積場における沈降を示唆する．このことは，河川の流下方向が Unit1 で北西，Unit2 下部で南西に変化することと調和的である (図 2)．層準の異なる 26 試料の測定を行った結果，最若年代は試料間で大きな違いはなく，120～130Ma という年代幅を示す．これらの年代値は，化石から推定されている地質年代よりも有意に古い，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，年代ヒストグラムの結果から，本試料中の碎屑性ジルコンは，(1)120～130Ma，(2)170～380Ma，(3)400～540Ma，(4)750～2000Ma

の4つのグループに区分される(図3)。これらの特徴は、他の化石産出地である Bayanshiree と Bayshin Tsav の BayanShiree 層からも確認されることから、Bayanshiree 層堆積時、後背地からの碎屑物質の供給源に大きな変化がなかったことが示唆される。また、(4)のグループに注目すると、白亜紀アジア大陸の古地理図の観点からその供給源の候補としてシベリアクラトンが挙げられる(Priyatkina et al., 2016)。白亜紀以降モンゴルとシベリアクラトンの位置関係はあまり変わらない。したがって、Bayanshiree 層が堆積した河川域は、モンゴルからシベリアクラトンに及ぶ約 6,000,000km²の大規模河川域であった可能性がある。

参考文献

- Jerzykiewicz, T., 2000. Lithostratigraphy and sedimentary settings of the Cretaceous dinosaur beds 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*, 279–296. Cambridge University Press, Cambridge.
- Priyatkina, N., Khudoley, A.K., Collins W.J., Kuznetsov, N.B., Huang, H.-Q., 2016. Detrital zircon record of Meso- and Neoproterozoic sedimentary basins in northern part of the Siberian Craton: Characterizing buried crust of the basement. *Precambrian Research*, 285, 21–38.
- 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.
- Yarmolyuk et al., 2015

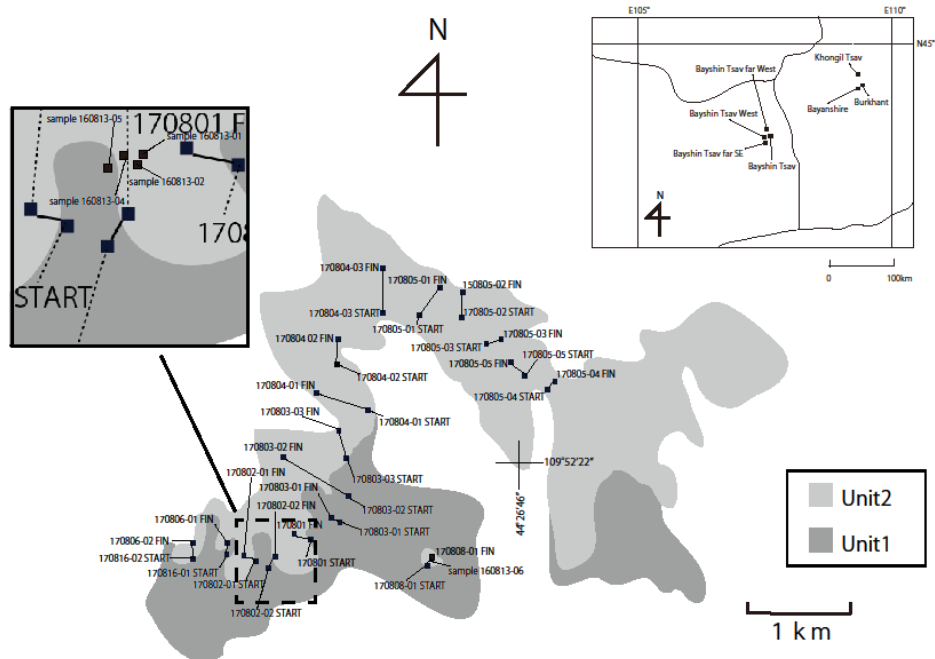


図 1. Khongil Tsav の地質図

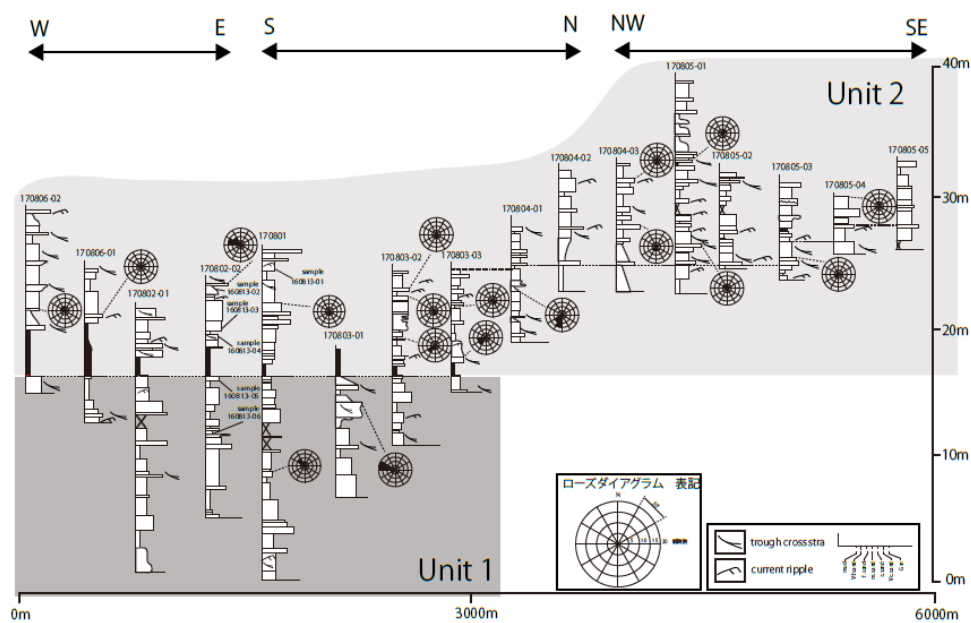


図 2. Khongil Tsav における堆積柱状図．柱状図の番号は図 1 に対応する．

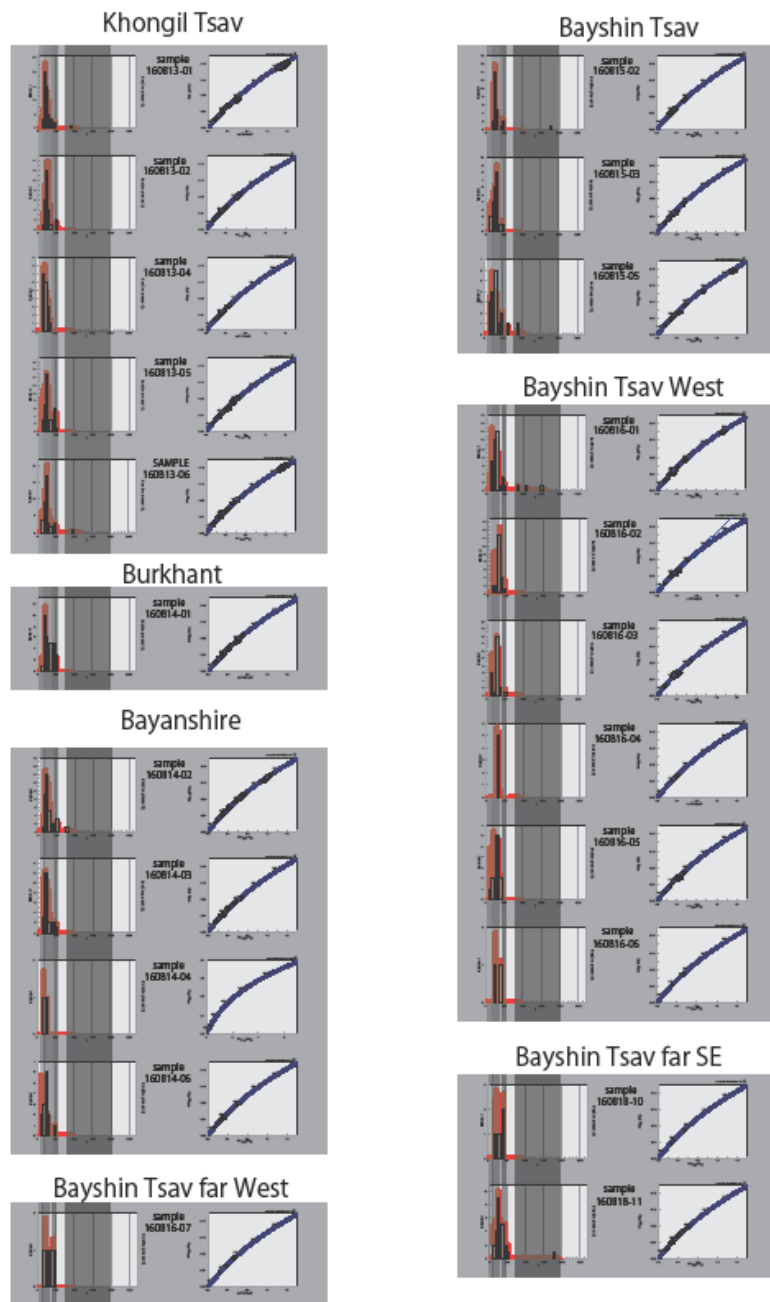


図 3. 層性ジルコンにおける U-Pb 年代測定に基づくヒストグラム.

4. アウトリーチ活動報告

4.1 ホームページによる情報の発信

本事業の趣旨や活動状況、主催イベント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にて公開している。

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

このホームページのサーバーは本学情報処理センターにあり、仮想サーバーを構成して、URL に外部からわかりやすいように dinosaur（恐竜）の語を使用している。

ホームページのトップページに“事業関連ニュース”欄を設け、本事業の構成メンバーの活動状況や主催イベントなどの情報を掲載し、それらの詳細についてのリンクを付けている。また、構成メンバーによるオープンアクセス可能な論文へのリンク、新聞の連載記事や直接関連する記事などの情報を“情報 BOX”ページにまとめている。

さらに、今年度設立する恐竜学博物館について、完成までの様子を紹介する「恐竜学博物館のできるまでレポート」ページを新設し、平面図や、工事中の様子、完成引き渡し後の準備状況などを時系列で見ることができるようにした。なお、恐竜学博物館のホームページは、施設が完成し博物館としての運用が開始された後に改めて制作・公開する予定である。



<http://dinosaur.ous.ac.jp/> のトップページ

4.2 一般向け講演の実施

- 2016年5月23日,30日,6月6日 吉備創生カレッジ 科学講座 さわって学ぶ
恐竜と化石 山陽新聞社
- 2016年 5月28日 岡山理大生物地球研 野外観察会 街中化石観察会及び恐
竜特別展示見学 30名 倉敷市 市街地、倉敷市立美術館、倉敷市立自然史
博物館にて
- 2016年7月2日 中国地区SSH校担当者交流会 講演「真の国際性とは—共同
恐竜化石発掘の現場から—」 加計学園 50周年記念館
- 2016年7月20日 岡山県立操山中学校（講演会）『恐竜学のすすめ』（対象：中
学3年生120名）
- 2016年11月9日 岡山県生涯学習センター人と科学の未来館サイピア
大人のためのサイエンスレクチャー 世界最大級の恐竜足跡化石の主は？ 岡
山県生涯学習センター人と科学の未来館サイピア
- 2016年11月11日 OUS フォーラム 産学官連携事例紹介 恐竜研究の国際的
な拠点形成プロジェクト 岡山プラザホテル
- 2016年11月12日13時半～ 岡山理科大学図書館主催ドクショル講演会 恐竜
の発掘：アジアと日本で 岡山理科大学A1号館
- 2016年11月12日 岡山理科大学 21号館恐竜展示ギャラリートーク 一般
向け 岡山理科大学21号館3階
- 2016年12月4日9時～ 日本宇宙少年団岡山桃太郎分団 講演会と化石学習
恐竜進化と宇宙の関係 岡山理科大学21号館
- 2016年12月4日13時半～ 「恐竜に会いに行こう」講演会と化石学習 岡山
県生涯学習センター 人と科学の未来館 サイピア
- 2016年12月8・9日 岡山理科大学専門学校（社会人授業） 『恐竜発掘と恐
竜の進化』（対象；専門学校2年生90名）
- 2016年12月13日9時半～12時 美作市立勝田中学校 講演会 勝田中学校
- 2016年12月24日10時～11時半 岡山市立津高公民館 講演会 津高公民館
- 2016年12月24日14時～15時半 岡山市立京山公民館 講演会 京山公民館
- 2017年1月20日5限目 授業 岡山市立中央小学校
- 2017年1月21日午前中 街中化石見学会 岡山環境学習センター「アスエコ」
にて
- 2017年1月21日午後 アスエコカフェ 15時～16時半 岡山環境学習センター
「アスエコ」にて
- 2017年1月31日 岡山県郷土文化財団講演会 岡山県立図書館
- 2017年2月4日午前中 講演会 恐竜化石の発掘 岡山環境学習センター「ア
スエコ」にて
- 2017年2月4日午後 アスエコカフェ 15時～16時半 岡山環境学習センタ
ー「アスエコ」にて
- 2017年2月14日 岡山理科大学 21号館恐竜展示ギャラリートーク 対象：
岡山県立大学学生一行 岡山理科大学21号館3階

2017年3月26日 岡山県自然保護センター 大恐竜展にて講演会 (2回)
2017年3月26日 奈義町ビカリアミュージアム (展示企画、立案、講演会)
『モンゴル調査報告』『化石クリーニング体験』(対象;小学生~一般 50名)
2017年5月8日 吉備創生カレッジ 講座にて講演 山陽新聞社
2017年5月22日 吉備創生カレッジ 講座にて講演 山陽新聞社 (柳町社屋
内)「アジアと北米の恐竜:時間軸を入れる仕事」一般約 15名
2017年6月19日 津山中学・高校 SSH 報告会での講演 津山文化センター
2017年7月8日 高梁市成羽美術館 「ティラノが成羽にやってきた」 ギャ
ラリートーク (三回) 展示室にて
2017年7月13日 進学 FESTA (大阪) 講演「恐竜研究の最前線、ゴビ砂漠
での発掘調査から」(60分) 高校生 70名
2017年7月20日 岡山県立操山中学校社会人授業 (講演会)『大学恐竜プロジェ
クト報告』(対象:中学3年生 120名)
2017年7月23日 「恐竜巨大化の謎に迫る」 講演会 岡山理科大学理大ホ
ール 石垣・林
2017年7月27日 美作市小学生対象 恐竜展示解説 (二回) 理大三階図書
室内展示
2017年7月29日 メガ恐竜展特別講演会「恐竜エキスパート講演会~巨大恐
竜の謎にせまる~」 大阪南港 ATC
2017年8月5日 鹿児島県始良市中学・高校生 恐竜学講義 (90分)
2017年9月20日 岡山ロータリークラブにて卓話 「モンゴル調査隊 4つ
の足跡が語る」
2017年10月11日 日本ケーブルテレビ中国支部例会 特別講演「岡山理科大
学の恐竜プロジェクトについて」
2017年10月22日 午前 岡山宇宙少年団 「恐竜はどんな植物を食べていた
か?」
2017年10月22日 午後 シリーズ講座 岡山自然塾 「恐竜時代の岡山にはど
んな植物が?」 半田山植物園
2017年11月4日 JICA 中国主催 第3回 もんげー岡山の国際協力にて
「モロッコとモンゴルの恐竜化石発掘」
2017年12月8日 岡山県奨学学習センター 人と科学の未来館サイピア 大
人のためのサイエンスレクチャー 「ゴビ砂漠恐竜調査最前線 2017年理
大モンゴル共同調査速報」
2017年12月14日・15日 『化石と生物進化のはなし~モンゴル発掘調査と
古生物学~』(対象;専門学校2年生 100名)
2017年12月17日 岡山理科大学キッズイベント in 津山 「絶滅動物パレオ
パラドキシアのナゾ」
2017年12月20日 兵庫県立福崎高校 特別講義「隕石落下による恐竜絶滅の
シナリオ」(120分) 高校生および教員約 60名
2018年2月1日 岡山一宮高等学校 恐竜学講義 (90分)

4.3 展示会の開催

- 名古屋大学博物館 第22回名古屋大学博物館特別展 モンゴル大百科 2016年
4月19日－8月27日 プロトケラトプス全身骨格標本を貸出
- 群馬県立自然史博物館 開館20周年記念展「超肉食恐竜 T. Rex」 2016年
7月16日－9月22日, 「ティラノサウルスへの進化」10月1日－11月
27日 タルボサウルス全身骨格貸出
- 岡山県環境学習センター「アスエコ」 岡山理科大学企画展示「冬の大恐竜展」
展示全面協力 2017年1月5日－2月27日 大型の足跡化石模型、エドモ
ントサウルス、テリジノサウルス、トリケラトプス、アロサウルスなどを展
示
- 岡山県自然保護センター特別企画展「大恐竜展」 2017年2月28日－5月7日
大型の足跡化石模型、テリジノサウルス、エドモントサウルス、トリケラト
プス、アロサウルス、アパトサウルスなどを展示
- なぎビカリアミュージアム 特別展 2017年3月16日～5月7日 プロトケラ
トプス、タルボサウルスなどを展示
- 高梁市成羽美術館 特別展「成羽にティラノがやってきた」解説協力（標本は倉
敷市が所蔵 展示の会期は7月8日－9月3日）入場者数2万人
2017年7月8日 ギャラリートークを三回実施
- 岡山県生涯学習センター 人と科学の未来館サイピア 「恐竜発掘図鑑」全展示
に協力 2017年7月22日－8月27日 入場者数1万人
- 大阪市立自然史博物館 特別展「メガ恐竜展」 展示監修 2017年7月25日－
9月3日 入場者数 約14万人
- 島根県立三瓶自然館 「かはくからティラノがやってきた」 展示物貸出協力
2017年10月07日－2017年11月26日 入場者2万人
- 地球史研究所 10月14日 オープニングフェスタ in 吉井 開所記念展示 展
示物貸出
- アサノカメラギャラリー「恐竜発掘写真展」 2017年11月22－27日 入場者数
170人
- 岡山県生涯学習センター 人と科学の未来館サイピア 冬季企画展示 「恐竜
とにらめっこ 顔を比べてみよう」展示全面協力 2017年12月16日－12
月27日
- 岡山県環境学習センター「アスエコ」 岡山理科大学「冬の大恐竜展」展示全面協
力 トリケラトプス、アロサウルスなどを展示 2018年1月5日－2月27
日
- 岡山県自然保護センター 特別企画展「大恐竜展」 展示全面協力 2017年2
月27日－5月8日 岡山県自然保護センターにて岡山理科大学恐竜展 サ
イカニア、トリケラトプス、アロサウルス、アパトサウルスなどを展示
- なぎビカリアミュージアム 特別展 展示全面協力 2017年3月14日－5月8
日 タルボサウルスを展示

5. 恐竜学博物館

5.1 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、理大全学部が多様な分野で、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。

5.2 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。

5.3 組織

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

尚、上記人員以外にもその他職員（技術職員・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。

5.4 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（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。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することとする。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。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。

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（約 8m×6m=約 50 m²）

施設：アロサウルス・ヒプシロフォドン等の全身骨格、様々な部分骨格、古生物学恐育用の標本類、岡山の化石等を用いて教育を主目的にした展示を行う。

教員と学生によって作成した展示解説パンフレットを置き、随時改訂する。

3. サテライト展示 2

場所：A1 号館 4 階 図書館 館内展示スペース（約 3m×3m=9 m²）

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する。展示解説パンフレットを置き、随時改訂する。

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を実施する。速報展示や映像展示を配する。展示解説パンフレットを置き、随時改訂する。



図：岡山理科大学内における恐竜学博物館展示室の位置図

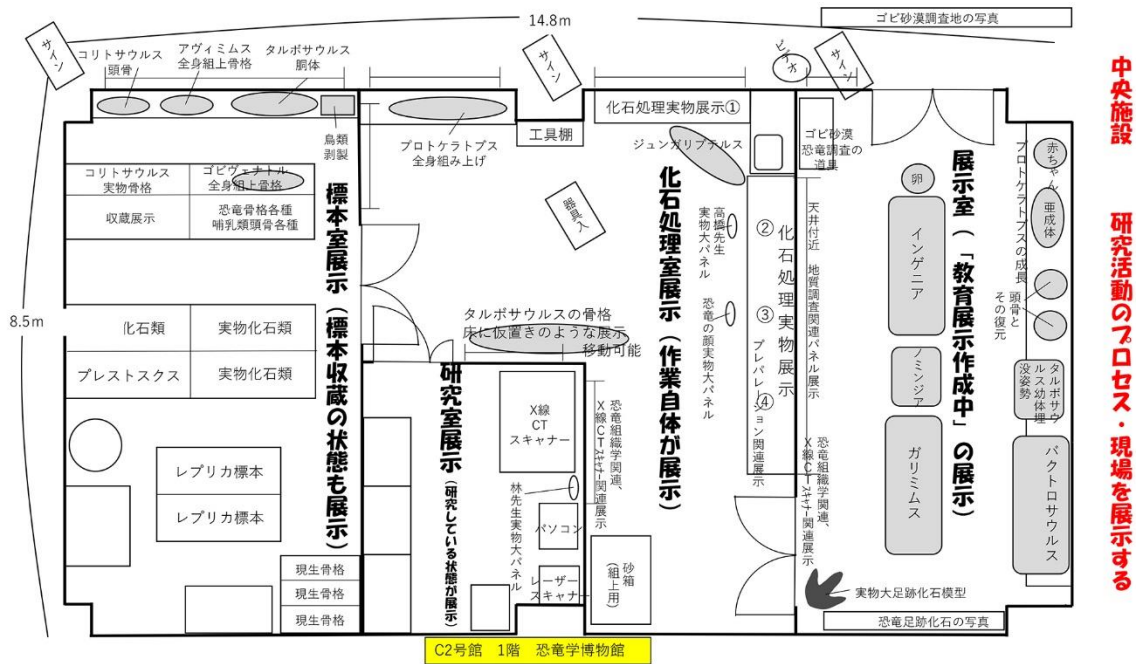


図:中央施設の展示見取り図

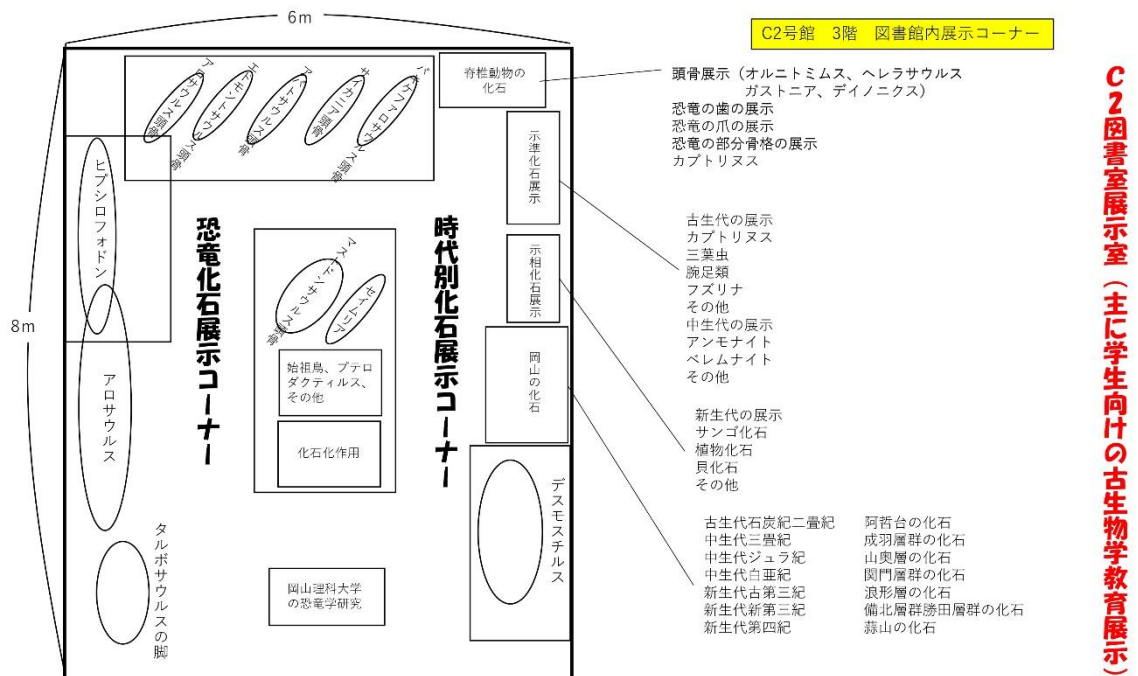


図:サテライト展示1 (C2 図書館) 展示室の展示見取り図

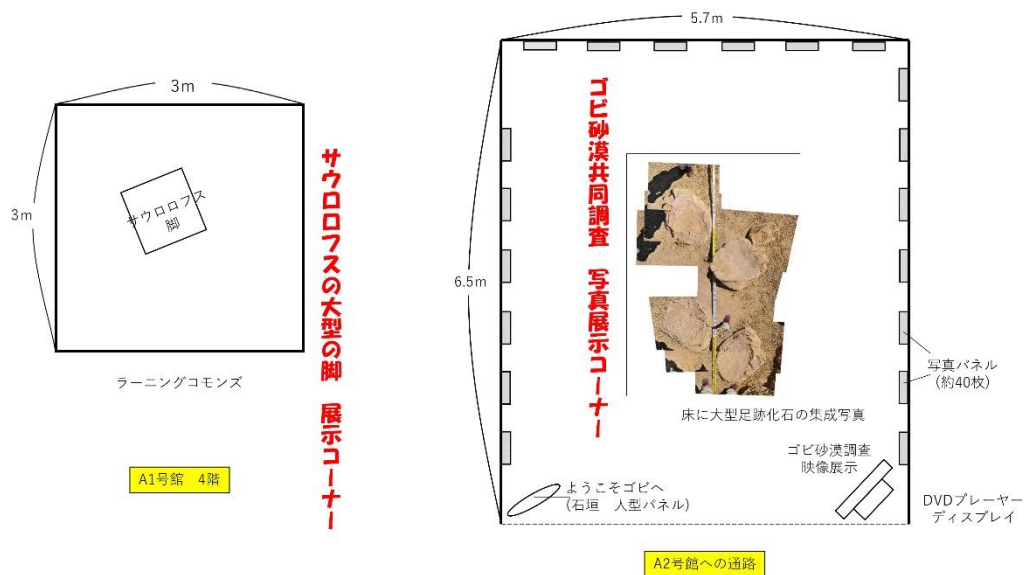


図:サテライト展示2 (左図: A1号館4階 図書館 館内展示スペース)・サテライト展示3 (右図: A1号館4階 図書館 A2連絡通路展示スペース)の展示見取り図

5.5 規定

○岡山理科大学恐竜学博物館規程

(趣旨)

第1条 岡山理科大学恐竜学博物館規程は、岡山理科大学（以下「本大学」という。）学則第76条第2項に基づき、恐竜学博物館に関して必要な事項を定めるものとする。

(目的)

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

(職員)

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

(館長)

第4条 館長は、理事長が任命する。

- ・ 館長の任期は、2年とする。ただし、再任は妨げない。

(研究員)

第5条 研究員は、博物館専任教員と本大学教員の兼務研究員の2種とし、兼務研究員の任期は2年とする。ただし、再任は妨げない。

- ・ 兼務研究員に関することは、別に定める。

- ・ 兼務研究員は、年度当初の第1学部運営委員会にて承認を得ること。

(重要事項の審議)

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

(所員会議)

第7条 本博物館の管理運営、事業の施策及び施行に関する事項を審議するために、館員会議を置く。

- ・ 館員会議の運営については、別に定める。

(共同利用・研究)

第8条 本博物館の利用・共同研究については、別に定める。

(事務局)

第9条 本博物館の事務は、研究・社会連携室及び学部運営事務室が行う。

(改廃)

第10条 本博物館規程の改廃は、研究・社会連携機構運営委員会及び大学協議会の審議を経て学長が決定する。

附 則

この規程は、平成30年4月1日から施行する。

5.6 運営方針

1. 研究と学生教育を推進し、大学の博物館として充実した研究教育拠点を形成する。

2. 1.を推進する現場を、科学研究に興味を持つ一般の人々に公開し、科学研究の理解を促し、好奇心・探求心を喚起する。

3. 学生と教員が協力して運営し、活動を通じてともに成長する博物館を目指す。

4. 成果や標本を利用して、オール理大の人々がおもしろい科学を実行し、発信できる場とする。

5.7 危機管理対策

1. 標本盗難、破損・汚損等防止対策

- ・ 標本はその重要度に応じた固定やカバーによる防犯対策を行う。

・ C2号館一階 標本室・研究室・化石処理室・展示室：外側の窓には、防犯ベルを取り付ける。これにより本館が閉鎖中における外部からの侵入に対応する。

・ C2号館一階 展示室・化石処理室には防犯カメラを設置する。これによりループ画像記録を行う。防犯カメラ記録中と表示し、盗難を未然に防止する。

・ C2号館一階 展示室教員によるほぼ毎日の目視による標本確認を行う。異常があれば防犯カメラ記録画像による確認を行える状態とする。

- ・ C2号館三階図書室とA1号館四階図書室の展示物においては、開館中は司

書が目視できる範囲に標本があるため、目視によって防犯対策を行う。

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。

5.8 恐竜学博物館の整備状況ならびに 2018 年度の目標

1. 恐竜学博物館の準備状況

- ・ 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。

2. 2018 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。

6. 研究業績

6.1 著書

- 林昭次 (2018) 太陽の地図帖「楽しい日本の恐竜案内」, 平凡社, (一般普及書 監修)
- 林昭次 (2017) 現代思想 2017 年 8 月号「恐竜 古生物研究最前線」, 青土社, (一般普及書 分担執筆)
- 実吉玄貴 (2016) 恐竜化石の発掘から展示まで, 見る目が変わる博物館の楽しみ方, 矢野興一 (編), ペレ出版, 131-147.
- 高橋亮雄 (2016) 第 2 章-博物館の種類、7-自然史博物館. 観光資源としての博物館 (中村浩・青木 豊編著) (分担執筆). 芙蓉堂出版. pp. 71-74.

6.2 学術論文

- A. Takahashi, R. Hirayama and H. Otsuka (accepted 3 January 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*.
- D. C. Evans, S. Hayashi, K. Chiba, M. Watabe, M. J. Ryan, Y. Lee, P. J. Currie, K. Tsogtbaatar, R. Barsbold (in press) Morphology and histology of new cranial specimens of *Pachycephalosauridae* (Dinosauria: Ornithischia) from the Nemegt Formation, Mongolia, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.
- S. Ishigaki, K. Tsogtbaatar, H. Nishido, S. Toyoda, B. Mainbayar, T. Chinzorig, Y. Noumi, A. Takahashi, S. Ulzitsuren, E. Zorig, B. Buyantegsh, B. Purevsuren, G. Enerel, C. Bayardorj, E. Ochirjanstsan, M. Saneyoshi, K. Aoki and S. Hayashi (in press). Report of the Okayama University of Science – Mongolian Institute of Paleontology and Geology join expedition in 2017. *Bulletin of Research Institute of Natural Sciences of Okayama University of Science*.
- M. Iijima, A. Momohara Y. Kobayashi, S. Hayashi, T. Ikeda, H. Taruno, K. Watanabe, M. Tanimoto and S. Furui (in press) *Toyotamaphimeia* cf. *machikanensis* (Crocodylia, Tomistominae) from the Middle Pliocene-Pleistocene climatic oscillations. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleocology*.
- T. Sato, T. Hanai, S. Hayashi and T. Nishimura (in press) A Turonian polycotyloid plesiosaur (Reptilia; Sauropterygia) from Obira Town, Hokkaido, and its biostratigraphic and paleoecological significance. *Paleontological Research*.
- 原巧輔, 金澤芳廣, 林昭次, 佐藤たまき (in press) 「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』.

高橋亮雄 (in press) 沖縄島の更新世港川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).

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

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

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

高橋亮雄 (2017) 琉球列島の第四紀陸生および淡水生カメ類相とその動物地理学的意義. *化石研究会誌*, 50(1): 10-21.

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

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

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

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

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

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

6.3 学会発表

- 林昭次, M. Burns and V. Arbour, 渡部真人, K. Tsogtbaatar and R. Barsbold: 成長様式から考察する鎧竜類の生態と進化. 北海道大学総合博物館シンポジウム. 2016年1月, 北海道大学.
- 西戸裕嗣, 増田理沙, 實吉玄貴: 風成堆積物中の石英に認められるカソードルミネッセンス発光成分, 日本地質学会西日本支部例会, 2016年2月, 熊本.
- 西戸裕嗣, 増田理沙, 實吉玄貴: 風成堆積物を構成する石英に見られる CL 発光中心について, 2016年 ESR 応用計測研究会, 2016年3月, 金沢,.
- S.Ishigaki, B. Mainbayar, T. Tanabe, Kh. Tsogtbaatar, M. Saneyoshi : Dinosaur footprints as “Hard Under Layers” from the Upper Cretaceous of Gobi desert, Mongolia, Ichnia 2016, UNESCO Geopark Nature Tejo/International Ichnological Association, May 6-9, 2016, Castero Blanco, Portugal.
- 鈴木大輔, 林昭次: オオトカゲの足関節の運動メカニズム, 日本古生物学会年会, 2016年6月, 福井県立大学.
- 浅井瞳, 実吉玄貴, 豊田新, K. Tsogtbaatar, B. Mainbayar: モンゴル上部白亜系 Djadokhta 層の ESR 特性, 2016年日本古生物学会年会, 2016年, 6月24-26日, 福井県立大学.
- S. Noumi, N. Kusano and H. Nishido: CL emission mechanism of Pb-bearing carbonates, Goldschmidt2016, Jun. 2016, Yokohama, Japan.
- S. Hayashi, M. Kubo, M. Fujita, H. Taruno and I. Oshiro: Insular dwarfism and the distinct physiology in island deer: bone histology of Japanese extinct island cervids indicates interrupted growth. The 11th International Congress of Vertebrate Morphology, July, 2016, Washington, DC, USA.
- M. Sander, T. Wintrich, S. Hayashi, A. Houssaye, Y. Nakajima and T. Sato: The evolution of a unique body plan: new evidence from a Triassic plesiosaur skeleton and long bone histology. The 14th Annual Meeting of the European Association of Vertebrate Palaeontologists, July, 2016, Haarlem, Netherlands.
- H. Asai, M. Saneyoshi, H. Nishido, S. Toyoda, Kh. Tsogtbaatar, B. Mainbayar: Stratigraphic assignment of eolian sediments in the Central Gobi Desert, Mongolia using an indicator of defect centers in quartz composed of sand particle, The 70th Anniversary of Mongolian Paleontological Expedition of Academy of Sciences, USSR, 2016, Sep. 22-28, Ulaanbaatar, Mongolia.
- S. Ishigaki, B. Mainbayar, K. Tsogtbaatar, T. Tanabe, M. Saneyoshi: Dinosaur Ichnology of Mongolia. The International symposium "The 70th anniversary of Mongolian Paleontological Expedition of Academy of Science, USSR", Sep. 22-28, 2016, Ulaanbaatar, Mongolia.

- R. Kanamaru, A. Yamaguchi and H. Nishido: Cathodoluminescence study of secondary minerals in basaltic eucrites, 7th Symposium of Polar Science, Nov. 2016, Tachikawa, Japan.
- K. H. W. Stein, Y. Bolotski, I. Bolotski, C. Snoeck, S. Hayashi, K. Tsogtbaatar, R. Barsbold, S. Ishigaki, P. Godefroit, P. Claeys : Bone histology of latest Cretaceous hadrosaurs of Far Eastern Russia, 日本古生物学会第 166 回例会, 2017 年 1 月 27-29 日, 早稲田大学, 東京.
- 石垣忍, B. Mainbayar, Kh. Tsogtbaatar, 田部智大, 浅井瞳, 実吉玄貴 : モンゴル国ゴビ砂漠南東部産出の上部白亜系竜脚類足跡化石, 日本古生物学会第 166 回例会, 2017 年 1 月 27-29 日, 早稲田大学, 東京.
- 島田愛子, 高田将志, 豊田新 : ESR による現河床堆積物に含まれる起源岩の混合比の推定, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, 2017 年 5 月 20-25 日, 幕張メッセ国際会議場, 千葉.
- 林昭次, 小林快次, 飯島正也, 佐野祐介, 伊東隆臣, 恩田紀代子, 中野貴由, 上田貴洋, 江口太郎. 骨組織から考察するマチカネワニの年齢と性別, 日本古生物学会 2017 年年会, 2017 年 6 月 9-11 日, 北九州市立自然史・歴史博物館, 北九州市.
- 薦永早也香, 実吉玄貴, B. Mainbayar, A. Batsukh, B. Batsaikhan, 浅井瞳 : モンゴル国ゴビ砂漠南東部 Bayshin Tsav に分布する上部白亜系の岩相層序と古環境, 日本古生物学会 2017 年年会, 2017 年 6 月 9-11 日, 北九州市立自然史・歴史博物館, 北九州市.
- 原巧輔, 金澤芳廣, 林昭次, 佐藤たまき : 香川県さぬき市多和兼割の上部白亜系和泉層群から産出した脊椎動物化石, 日本古生物学会 2017 年年会, 2017 年 6 月 9-11 日, 北九州市立自然史・歴史博物館, 北九州市.
- 田部智大, 石垣忍, B. Mainbayar, Kh. Tsogtbaatar, 実吉玄貴, 浅井瞳 : モンゴル国上部白亜系ジャドフタ層の風成層に印跡された獣脚類足印の形成過程について, 日本古生物学会 2017 年年会, 2017 年 6 月 9-11 日, 北九州市立自然史・歴史博物館, 北九州市.
- T. Chinzorig, Y. Kobayashi, M. Saneyoshi, K. Tsogtbaatar, Z. Badamkhatan, T. Ryuji: Multitaxic Bonebed Of Two New ORNITHOMIMIDS (THEROPODA, ORNITHOMIMOSAURIA) From The Upper Cretaceous BAYANSHIREE Formation of Southeastern Gobi Desert, MONGOLIA. Society of Vertebrate Paleontology 77th annual meeting, Aug. 23-26, 2017, Calgary Telus Convention Center, Canada.
- S. Toyoda, H. Asai, Y. Nitta, M. Saneyoshi, H. Nishido, K. Aoki, T. Imayama, S. Ishigaki, K. Tsogtbaatar, B. Mainbayar: Comparison and correlation of upper Cretaceous

sedimentary sequence in Southern Mongolia with ESR and luminescence, 15th International Conference on Luminescence and Electron Spin Resonance Dating(LED2017), Sep. 11-15, 2017, Cape Town, South Africa.

H. Asai, M. Saneyoshi, H. Nishido, S. Toyoda, Kh. Tsogtbaatar: Stratigraphic assignment of eolian and fluvial sediments in Udyn Sayr, Gobi Desert, Mongolia using an indicator of defect centers in quartz composed of sand particle. Geological Society of America annual meeting 2017, Oct. 22-25, 2017, Seattle, USA.

林昭次, 石垣忍, 中島保寿, 岩間由希, 西本昌司, 河島歩憂 : 脊椎動物化石のデジタルデータを用いた研究・教育教材, 2017 年 11 月, OUS フォーラム, 岡山市.

林昭次: 組織学から迫るオオサンショウウオの成長と年齢査定, 第 4 回オオサンショウウオ共同研究シンポジウム, 2017 年 12 月, 広島.

S. Toyoda, A. Shimada, M. Takada : ESR signals in quartz for the studies of earth surface processes, 2017 AGU Fall Meeting, Dec. 11-15, 2017, New Orleans Ernest N. Morial Convention Center, Louisiana, U.S.A.

山本雄大, Kh. Tsogtbaatar, S. Ulziitseren, P. Khatanbaatar, 実吉玄貴 : モンゴル産 *Protoceratops* の成長過程とフリル形態の変化, 日本古生物学会第 167 回例会, 2018 年 2 月 2-4 日, 愛媛大学.

仁田祐輔, 豊田新, 実吉玄貴, 石垣忍, 浅井瞳, 薦永早也香, K. Tsogtbaatar : 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, 第 34 回 ESR 応用計測研究会・2017 年度ルミネッセンス年代測定研究会・第 42 回フィッシュン・トラック研究会 合同研究発表会, 2018 年 2 月 10-12 日, 国立極地研究所, 立川, 東京.

吉越洸太郎, 高橋亮雄, Kh. Tsogtbaatar, S. Ulziitseren, 実吉玄貴 : モンゴル国ゴビ砂漠上部白亜系 Nemegt 層産ワニ類化石の分類学的研究, 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.

7. マスメディアへの掲載について

7.1 新聞掲載

106cm 恐竜足跡化石, 世界最大級, 爪跡もはっきり, 2016 年 9 月 30 日, 山陽新聞(社会).

最大級 106 センチ恐竜の足跡, 岡山理科大、モンゴルで発見, 2016 年 9 月 30 日, 朝日新聞(社会).

恐竜 106 センチの足跡, モンゴルで化石発見, 2016 年 9 月 30 日, 読売新聞(社会).

106 センチ×77 センチ恐竜の足跡, モンゴル・ゴビ砂漠, 2016 年 10 月 1 日, 産経新聞(社会).

1 メートル超足跡くっきり, 恐竜化石発見, ゴビ砂漠, 2016 年 10 月 1 日, 毎日新聞(社会).

Massive dinosaur footprint uncovered, Oct.1, 2016, The Japan Times.

106cm 恐竜足跡化石, 週刊さん太写真ニュース, 2016 年 10 月 9 日, 山陽新聞.

恐竜の足、やっぱりでっかい!, The Santa Times Weekly, 2016 年 10 月 23 日, 山陽新聞.

岡山理科大, 恐竜研究国際拠点に, 文科省補助事業採択, 学内博物館開設へ, 2016 年 11 月 26 日, 山陽新聞(社会).

岡山理科大, 恐竜研究国際拠点に, さん太タイムズ, 2016 年 12 月 4 日, 山陽新聞.
恐竜の神秘、特徴を解説, 岡山理科大・石垣教授, 勝田地域小中学生に講演, 2016 年 12 月 15 日, 山陽新聞(作州ワイド版).

恐竜研究連携、交流密に, モンゴル科学アカデミー 岡山理科大が協定再締結, 2017 年 8 月 23 日, 山陽新聞.

世界最大級足跡化石の恐竜, “がに股”でのろのろ, 新たに 3 個発見し判明, 岡山理科大、モンゴルで共同発掘, 2017 年 8 月 25 日, 山陽新聞.

世界最大級の足跡化石分析, 巨大恐竜 より歩行遅く, 岡山理科大モンゴル調査隊帰国会見, 2017 年 9 月 13 日, 山陽新聞(社会).

ゴビ砂漠 恐竜の謎追う, 岡山理科大モンゴルで共同調査, 2017 年 10 月 11 日, 山陽新聞(くらし).

連載

恐竜に会いたい!, 2016 年 5 月 1 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜に会いたい!, ① 鳥はなかまだよ, 2016 年 5 月 15 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜に会いたい!, ②, 歯のかみ合わせ?関係ねえ!, 2016 年 6 月 19 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜に会いたい!,③トリケラトプスの角, 2016 年 7 月 17 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜に会いたい!,④ペロキラプトルの爪, 2016 年 8 月 21 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜に会いたい!,⑤いざ砂漠へ出発ーモンゴル, 2016 年 9 月 18 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜に会いたい!,⑥広い砂漠どこを掘る?, 2016 年 10 月 16 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜に会いたい!,⑦地表に顔出した化石探せ, 2016 年 11 月 20 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜に会いたい!,⑧足跡も化石に, 2016 年 12 月 18 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜に会いたい!,⑨長い爪の謎ーテリジノサウルス, 2017 年 1 月 22 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜に会いたい!,⑩サウロロフス, 2017 年 2 月 19 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜に会いたい!,(番外編)モンゴルでの発掘成果, 2017 年 3 月 19 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜に会いたい!,⑪夏の発掘 冬から準備, 2017 年 4 月 16 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜に会いたい!,⑫化石とのすてきな出会い, 2017 年 5 月 21 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

夢再び,モンゴル恐竜調査隊,①平和だからできる, 2016 年 9 月 17 日,山陽新聞(くらし).

夢再び,モンゴル恐竜調査隊,②,化石探しの「目標」?, 2016 年 9 月 24 日,山陽新聞(くらし).

夢再び,モンゴル恐竜調査隊,③ 老眼と化石探査, 2016 年 10 月 2 日,山陽新聞(くらし).

夢再び,モンゴル恐竜調査隊,④ ゴビ砂漠でスマホ?, 2016 年 10 月 8 日,山陽新聞(くらし).

夢再び,モンゴル恐竜調査隊,⑤ゴビ砂漠ガソリン事情, 2016 年 10 月 15 日,山陽新聞(くらし).

夢再び,モンゴル恐竜調査隊,⑥節水、節水、節水, 2016 年 10 月 22 日,山陽新聞(くらし).

夢再び,モンゴル恐竜調査隊,⑦実は大事な地質学, 2016 年 10 月 29 日,山陽新聞(くらし).

夢再び,モンゴル恐竜調査隊,⑧GPS、便利だが…, 2016 年 11 月 5 日,山陽新聞(く

らし).

夢再び,モンゴル恐竜調査隊,⑨ゴビ砂漠で変わる学生,2016年11月12日,山陽新聞(くらし).

夢再び,モンゴル恐竜調査隊,⑩猛暑と雨と砂嵐,2016年11月19日,山陽新聞(くらし).

夢再び,モンゴル恐竜調査隊,⑪足跡化石発見のてんまつ,2016年11月26日,山陽新聞(くらし).

夢再び,モンゴル恐竜調査隊,⑫意外と楽しい砂漠の風景,2016年12月3日,山陽新聞(くらし).

夢再び,モンゴル恐竜調査隊,⑬後継者の育成,2016年12月10日,山陽新聞(くらし).

夢再び,モンゴル恐竜調査隊,⑭水星、人工衛星、そして流星,2016年12月17日,山陽新聞(くらし).

夢再び,モンゴル恐竜調査隊,⑮なぜ岡山で恐竜なんですか?,2016年12月21日,山陽新聞(くらし).

恐竜調査隊が行く,①かみつかれたら大変,2017年6月18日,さん太タイムズ,山陽新聞.

恐竜調査隊が行く,②ひとりぼっちの”王”,2017年7月16日,さん太タイムズ,山陽新聞.

恐竜調査隊が行く,③誰かが掘ったからここにある,2017年8月20日,さん太タイムズ,山陽新聞.

恐竜調査隊が行く,④ティタノサウルス類の足跡,2017年9月17日,さん太タイムズ,山陽新聞.

恐竜調査隊が行く,⑤腰痛,2017年10月15日,さん太タイムズ,山陽新聞.

恐竜調査隊が行く,⑥何を使うて掘りょんじゃあ?,2017年11月19日,さん太タイムズ,山陽新聞.

恐竜調査隊が行く,⑦化石取り出すプレパレーター,2017年12月17日,さん太タイムズ,山陽新聞.

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.

ゴビに行く,①足跡,2017年9月15日,山陽新聞(社会).

ゴビに行く,②鍵屋,2017年9月17日,山陽新聞(くらし).

ゴビに行く,③絆,2017年9月19日,山陽新聞(くらし).

ゴビに行く,④次代,2017年9月23日,山陽新聞(くらし).

ゴビに行く,⑤夢,2017年9月25日,山陽新聞(くらし).

7.2 テレビ・ラジオ

2017年9月6日 RSK テレビ 一時間番組 メッセージ(RSK 地域スペシャル)

「恐竜に出会った ～ゴビ砂漠へ 岡山から学生調査隊～」

2017年9月12日 記者会見 2017年理大モンゴル共同調査帰国報告

各報道機関で取材 放映

2017年9月19日 KSB テレビ ニュース番組出演 2017年の調査について

2017年11月6日 ザフォーカス 「恐竜発見 ～ゴビ砂漠に23年 石垣忍～」

(30分ドキュメンタリー番組出演) TBSテレビ系列各局(放送日時は局によってまちまち)

2017年11月21日 RSK ラジオ出演 今年の調査と表町アサノカメラギャラリー

ーでの「恐竜発掘写真展」について

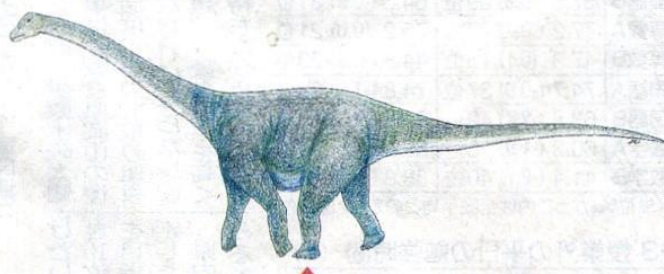
2017年11月26日 ザフォーカス 「恐竜発見 ～ゴビ砂漠に23年 石垣忍～」

(30分ドキュメンタリー番組出演) RSKテレビ

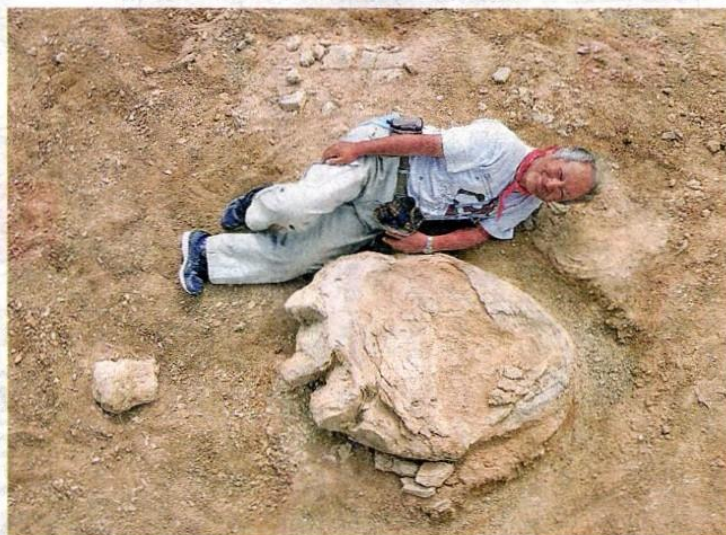
106センチ 恐竜足跡化石

モンゴル・ゴビ砂漠で古生物調査を進めている岡山理科大(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29日、約7000万～9000万年前の白亜紀後期の地層から、長さ1メートルを超える世界最大級の恐竜の足跡化石が見つかったと発表した。(小畑誠)

岡山理科大、モンゴルで共同調査



ティタノサウルス類の想像図。今回の化石は左後ろ足(矢印)の跡とみられる(岡山理科大提供)



モンゴル・ゴビ砂漠で見つかった世界最大級の恐竜足跡化石(岡山理科大提供)

世界最大級 爪跡もはっきり

発見された化石は4点で、保存状態が最も良好なものは長さ106センチ、幅7センチ。爪跡がはっきりと残り、形状などから4本足で歩く大型植食恐竜「竜脚類」の一種、ティタノサウルス類の左後ろ足の可能性が高い。体高約5メートル、全長は最大三十数メートルと推定される。

調査隊によると、泥の中に恐竜の足が深くめり込み、その跡にたまった砂が固化。地表に露出した後も風化に耐え、立体的な足形として残った。4点は、その分布状況から、それぞれ別個体の足跡とみられる。

長さ1メートルを超える足跡化石はモロッコやフランスでも報告例があるが、爪跡まで分かる保存の良い例は非常にまれという。調査隊日本側リーダーの石垣忍・同大教授(古生物学)は「調査範囲をさらに広げ、同一個体の足跡が出てくれば、歩き方や移動速度などの生態も解明できる」としている。

2016年9月30日 山陽新聞(社会)



2016 年 11 月 26 日 山陽新聞 (社会)



2016 年 12 月 4 日 山陽新聞 さん太タイムズ

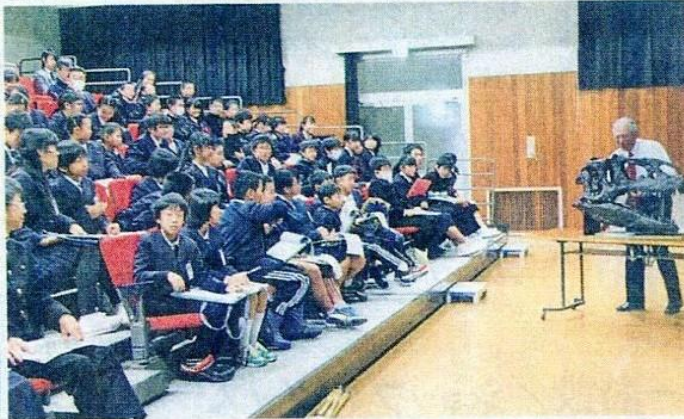
将来の参考にしても
らおと、美作市勝田
地域の小中学生を対象
にした講演会が13日、
同市真加部、かつた市
民センターで開かれ、
岡山理科大学生物地球学
部の石垣忍教授(62)が
恐竜の神秘などについ
て語った。

勝田、勝田東小、
6年生と勝田中生徒ら
計約90人が出席した。
石垣教授は化石のレプ

恐竜の神秘、特徴を解説

岡山理科大・石垣教授

勝田地域小中生に講演



石垣教授が恐竜について解説した講演会

リカを見せながら、恐
竜の体の構造や特徴を
解説。モンゴル・ゴビ
砂漠での発掘で、恐竜
が鳥類に非常に近い関
係であったことを示す
新種の化石や、今夏に
長さ1メートルを超える世界
最大級の恐竜の足跡化
石を見つけた成果を紹
介した。

講演は勝田地域の保
育園と小中学校が連

携し、子どもの社会性
を育む「かつたっ子15
の春プロジェクト」の一
環で、昨年度に続
き2回目。

(大橋孝平)

2016年12月4日 山陽新聞(作州ワイド版)

モンゴル科学アカデミー 岡山理科大が協定再締結

【ワランバートル22日電】モンゴル
心也本紙記者)モンゴル
・ゴビ砂漠の恐竜化石を共
同調査している岡山理科大
(岡山市北区理大町)とモ
ンゴル科学アカデミー・古生
物学地質学研究所は22日、
恐竜研究に関する連携協定
を再締結した。今年12月で
切れる協定期間を2021
年3月まで延長するととも
に、原本や人材の交流を一
層密にする。

岡大は林原(岡市)の恐
竜研究事業を引き継いだ18
年10月、同研究所と協定を
結び、15年からゴビ砂漠で
の発掘に着手。今夏は7月
30日から約1カ月間の日程
で、岡ゴビ県に滞在する白
堯紀後期の恐竜化石産地を
共同調査している。

ウランバートルの岡アカ
デミー本部で行われた調印
式には岡大校長ら岡大
関係者8人と、アビド同ア

恐竜研究連携、交流密に

カデミー副総裁、ツオクト
バートル同研究所長らモン
ゴル側6人が出席。岡大学
長とツオクトバートル所長
が協定書にサインした。

協定では新たに、化石の
研究権利を共同所有とし、
岡大がより長期に研究でき
るようになったほか、モンゴ
ルから年間4人の若手研究
者を受け入れることなどが
盛り込まれた。アビド副総
裁は「日蒙両国にとどまら
ず世界の研究に貢献できる
成果を協力して上げていき
たい」、岡大学長は「協力の
体制が強化され、恐竜の
研究大にに向けた大きなステ
ップになる」とした。

岡大は23日にはモンゴル
国立教育大とも、海水・淡
水魚を一緒に飼育できる
「好適飼育水」を利用した
同国での養殖システム確立
などについて交流協定を締
結する。

協定書にサインし握手する
岡大校長(左)とツオクト
バートル所長

2017年8月23日 山陽新聞

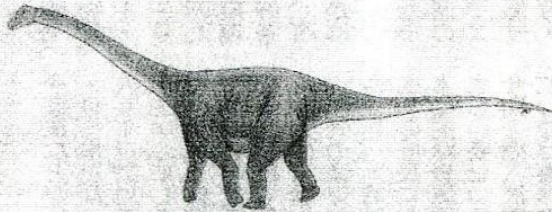
世界最大級足跡化石の恐竜

“がに股、でのろのろ”

岡山理科大、モンゴルで共同発掘

昨年、世界最大級の恐竜足跡化石が出土したモンゴル・南戈壁県で24日までに、それに連なる3個の足跡化石が見つかった。大型植物食恐竜「竜脚類」とみられる計4個の足跡が詳細に観察でき、歩行など生態の解

ティタノサウルス類の想像図。巨大な体を支えるため、がに股でのろのろと歩くことが分かった



新たに3個発見し判明

モンゴル科学アカデミー古生物学地質学研究所による共同発掘隊が発見した。

発掘地点はモンゴルの首都ウランバートルから南へ約600キロのゴビ砂漠南東部のシャルツアフ近郊。昨夏の調査で白垩紀後期（約7千万年前）の地層から、直径1メートルを超える足跡化石が見つかり注目を集めてい

た。今回は周辺を掘り進め、同じ地層から3個の化石を発見。形状や配置から同一個体の足跡と判断した。

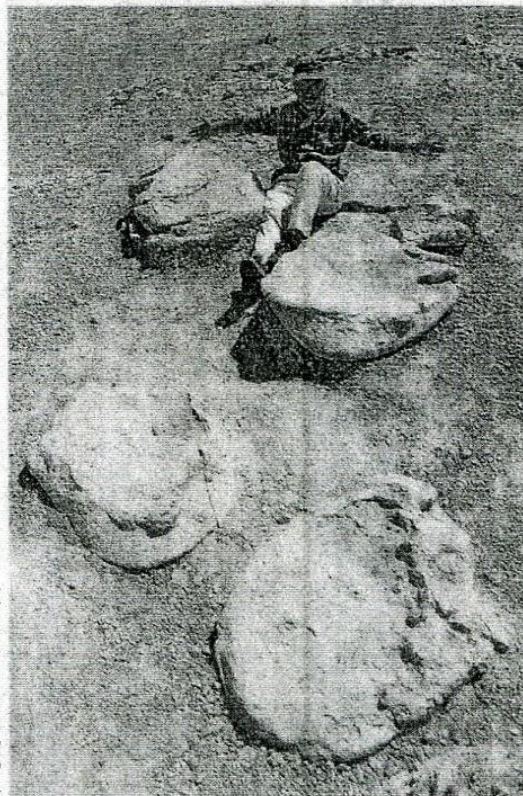
化石は全て後ろ足で、前に対し爪が極端に外側を向く特徴的な歩き方が判明。歩幅は約2メートルで、発掘隊の日本側隊長を務める石垣忍（同大教授「古生物学」）は「かなりのがに股。超大な体重を体の外側へ分

のくぼみにたまった砂が固

散していたようだ。歩幅から時速2〜3キロと推定され慎重にのし歩いた様子が思い浮かぶ」という。

岡山理科大は林原（岡山市）の恐竜研究事業を引き継ぎ、2015年からゴビ砂漠で発掘調査を行っている。今夏の調査は28日まで。足跡化石のほか、希少なハドロサウルスの幼体、胸から首がなくなった竜脚類の化石なども見つかった。

（石垣心也）



石垣教授らが発掘した4個の足跡化石。進行方向（上）に対し爪が大きく外側を向く

2017/9/13

世界最大級の足跡化石分析

巨大恐竜 より歩行遅く

岡山理科大 モンゴル調査隊帰国会見

山陽・社会

今夏モンゴル・ゴビ砂漠で恐竜化石の発掘調査を行い、世界最大級の足跡化石を新たに3個発見した岡山



モンゴルでの調査成果を報告する（左から）柳沢学長、石垣教授、林昭次講師

行速度など成果を報告した。同大によるゴビ砂漠の調査は3年目。モンゴル科学アカデミー古生物学地質学研究所と共同で7月末から約1カ月間、ゴビ砂漠南東部で化石探査や発掘、地質調査を実施した。足跡化石は大型植物食恐竜「竜脚類」のティタノサウルス類とみられ、昨年確認していた1個に隣接して出土。同一個体による4歩分の痕跡で、分析の結果、歩行速度は当初の推測より遅い時速1・6～1・9キロと新たに判明した。爪跡から指で地面をつかむ「グリップピング」と呼ばれる動きをしていることも分かったほか、7千万年前とみられ

ていた年代が、9千万年前にさかのぼる可能性が指摘された。

調査隊を率いた石垣忍教授（古生物学）は「保存状態はピカ一。推定全長30以上に及ぶ超大型竜脚類の生態の解明につながる貴重な発見になった」と評価した。

調査ではほかに、モンゴルでは希少なハドロサウルス類の幼体全身骨格や、竜のアンキロサウルス類、竜脚類3体の部分骨格などを発掘した。

会見に出席した柳沢康信学長は「今回は学生12人も参加し、教育面でも意味のある内容になった」と話した。（稲垣心也）

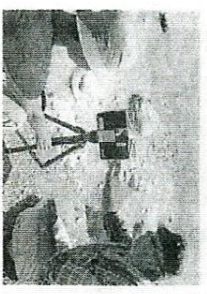
■本社HPに動画

2017年9月13日 山陽新聞(社会)



岡山理科大の学生は、大塚の地層を調査し、地層の断面を撮影した。写真左側は、大塚の地層の断面を撮影した。写真右側は、大塚の地層の断面を撮影した。

褐色の大地



大塚の地層を撮影した。写真左側は、大塚の地層の断面を撮影した。写真右側は、大塚の地層の断面を撮影した。

テラノロジー展覧



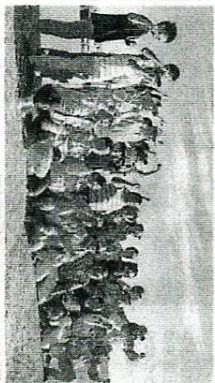
大塚の地層を撮影した。写真左側は、大塚の地層の断面を撮影した。写真右側は、大塚の地層の断面を撮影した。

夜更けまで



大塚の地層を撮影した。写真左側は、大塚の地層の断面を撮影した。写真右側は、大塚の地層の断面を撮影した。

大型の竜脚類出土

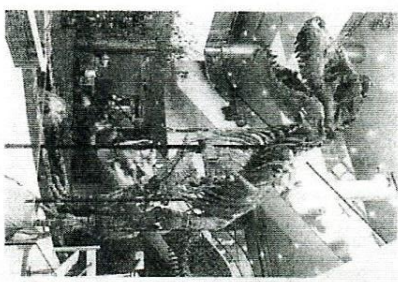


大塚の地層を撮影した。写真左側は、大塚の地層の断面を撮影した。写真右側は、大塚の地層の断面を撮影した。

国境を超えて

ゴビ砂漠恐竜の謎追う

岡山から遠路およそ2700キロ、内蒙古のゴビ砂漠をめぐって、大塚の地層を調査した。写真左側は、大塚の地層の断面を撮影した。写真右側は、大塚の地層の断面を撮影した。



岡山理科大モンゴルで共同調査

首都に上陸

発行年 2018 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