

岡山理科大学 研究・社会連携機構

# 古生物学・年代学研究センター 事業報告

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

## 第1号

岡山理科大学 古生物学・年代学研究センターについて	1
恐竜学博物館について	5
2020年度事業運営報告	7
2020年度岡山理科大学恐竜学博物館活動報告	21
研究報告	
豊田 新・網本真奈・實吉玄貴：モンゴルゴビ砂漠の恐竜化石を産する白亜系堆積物の石英にみられるESR信号の特徴	26
青木一勝：歯化石へのLA-ICP-MS U-Pb年代測定法の適用	30
青木寛也・田中宏樹・矢野川翔太・石垣忍：四足歩行動物の陸上歩行と姿勢・歩様，集団行動の研究報告	32
門嶋陸・木村朝陽・栄田花歩・佐野佑・山本樹・石垣忍：岡山理科大学恐竜学博物館の展示・教育に関する研究報告	34
高橋亮雄：モンゴル・東ゴビのバインシレ層（前期白亜紀）より発見されたアトクス科カメ類化石の系統分類学的研究	37
能美洋介：ジルコン結晶形記載法を用いた珪長質深成岩類の発生と定置機構	38
衣笠哲也・伊藤和輝・石垣忍：大型四足生物の旋回に関する力学的考察	39
兵藤博信：火成岩の貫入と過剰アルゴンの形成モデル	41
野田昌裕・林 昭次：モンゴル国ゴビ砂漠上部白亜系バインシレ層より産出した恐竜卵殻化石の分類学的研究	42
坂本航汰・畠山唯達・実吉玄貴：モンゴルゴビ砂漠に分布する古第三系Ergilin Dzo層に対する古地磁気年代学的研究	44
大越司・千葉謙太郎・實吉玄貴・高橋亮雄：モンゴル国ゴビ砂漠上部白亜系Bayn	

Shire 層から産出した哺乳類化石の分類学的研究	45
辻極秀次・小平将大・稲葉勇人・千葉謙太郎・實吉 玄貴：モンゴル国産恐竜化石からの有機物検出	47
共同研究報告	
高橋亮雄：ジャワ島の上部更新統より発見されたマレーハコガメ（イシガメ科）の化石とその動物地理学および考古動物学的意義	49
林昭次：大型哺乳類における島嶼小型化の生態学的メカニズムとプロセスの解明	51
石橋純一郎・板谷優志・藤原泰誠・豊田新・富田麻起子：海底熱水鉱床形成過程の解明に向けた年代測定手法の応用	54
長谷川健・渡部・小畑直也・豊田新：那須火山群の熱ルミネッセンス年代	55
教育科目の編成	
石垣忍・西戸裕嗣・今山武志・豊田新・林昭次・辻極秀次・衣笠哲也：2021 年度開講新設基盤教育科目：自然をよみとく－様々な分野の視座から恐竜をよみとく－	56
豊田新・長尾桂子・渡邊誠・志藤あずさ・大橋唯太・兵藤博信・畠山唯達・小林祥一・能美洋介：2021 年度開講新設基盤教育科目：自然をよみとく－物理で読みとく星と地球－	57
発表論文	58
書籍	58
学会発表	58
開催された学会	59
論文別刷リスト	59
論文別刷	

# 岡山理科大学 古生物学・年代学研究センターについて

## 1. 設立の経緯と古生物学・年代学研究センターの構想

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

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

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

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

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

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

このために、次のような活動を行う（図1）。

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

研究では、次のような課題に取り組む。

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



図1 古生物学・年代学研究センターの構想

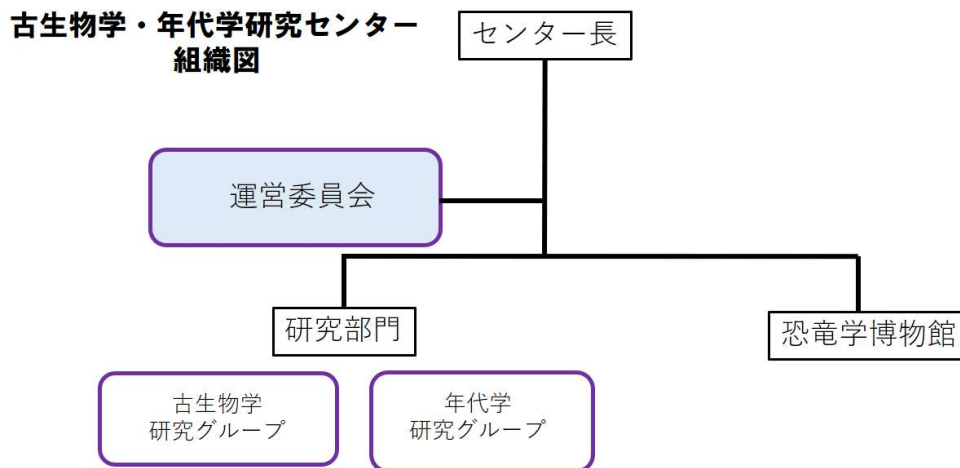


図2 古生物学・年代学研究センター組織図

次のようなことが実現できることを目指す。

- (1) 学内教員間の共同研究、特に学際的な研究を奨励し、活気のある学風を形成するとともに、古生物学・年代学研究を大学ブランドに押し上げる。
- (2) 国内、国外との共同研究を推進し、年代測定による時間軸に裏付けられた古生物学研究の世界的拠点になるための基礎を作る。
- (3) 国内の共同利用・共同研究拠点として広く学界から認定され、学外資金を得られる組織を目指して、現在できる整備と実績作りを行う。
- (4) 恐竜学博物館での研究・教育・普及活動を推進し、積極的に成果を発信する。

## 2. 実施体制

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

研究センターには、研究推進部門及び恐竜学博物館を置く。研究推進部門は、古生物学研究グループと年



代学研究グループからなる（図2）。運営委員会を置き、古生物学・年代学研究センターの運営に必要な事柄を検討する。

### 3. 規程

岡山理科大学古生物学・年代学研究センター規程

（趣旨）

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

（目的）

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

（構成員）

第3条 本センターに、センター長を置く。

2 センター長を補佐する目的で、副センター長を置くことができる。

3 センター長及び副センター長の任期は、岡山理科大学教育職員役職者の任命についての細則の定めによる。

4 必要に応じて、専任教員を置くことができる。

（研究員）

第4条 本センターは、次の各号に定める研究員を受け入れることができる。

(1) 本センターに所属しない岡山理科大学教員（以下、「兼務研究員」という。）

(2) 岡山理科大学研究員規程に定める研究員

(3) 岡山理科大学客員研究員規程に定める客員研究員

2 兼務研究員の任期は1年とし、再任を妨げない。

3 兼務研究員に関して必要な事項は、別に定める。

4 兼務研究員は、年度当初の研究・社会連携機構会議及び第1学部運営委員会にて承認を得なければならない。

（附属施設）

第5条 本センターに、次の附属施設を置く。

(1) 恐竜学博物館

2 附属施設に必要な事項は、別に定める。

（重要事項の審議）

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

（センター会議）

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

2 センター会議の運営については、別に定める。

（利用・共同研究）

第8条 本センターの利用及び共同研究については、別に定める。

（研究成果の公表）

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

（事務局）

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

（改廃）

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

附則 この規程は、令和2年4月1日から施行する。

#### 4. 中期計画

2020年11月7日古生物学・年代学研究センターセミナーにおいて、中期計画が話し合われ、次のような中期計画が了承された。

研究について

- (1) モンゴル中生代恐竜化石の年代を、化石の年代測定、産出域の堆積層の年代測定によって求める。このために、ヒドロキシアパタイト、炭酸カルシウムのU-Pb年代測定の手法を確立する。
- (2) 石英を用いた堆積層のESR年代測定、重晶石を用いた海底熱水域堆積物のESR年代測定法の手法を確立する。
- (3) 古地磁気年代測定
- (4) K-Ar年代測定、ルミネッセンス年代測定の応用的研究を進める。
- (5) 年代測定を鍵として大陸周辺域の形成史を議論する。
- (6) 石英のESR信号を用いて堆積物の起源を求める研究を推進する。
- (7) 太古代から第四紀にわたる確立した年代測定手法を利用可能にする。
- (8) モンゴルでの継続的な化石発掘調査を行い、その成果をもとに東アジアの白亜紀動物相の変遷と世界の他地域との間の大陸間移動史を明らかにする。
- (9) 古脊椎動物化石の形態や骨化石の内部構造をもとにして、分類学、比較形態学、生理学の研究を進める。
- (10) 足跡化石の解析することにより、恐竜から鳥類への社会的行動の進化を解明する。
- (11) 恐竜学博物館の機能と運営に関する研究を行い、博物館活動を通して社会教育の振興に貢献する。

# 恐竜学博物館について

## 1 使命

本博物館の使命は以下の3点である。

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

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

## 3 運営について

博物館運営のため、以下の会議を組織する。

### ・ 博物館会議

構成は恐竜学博物館構成員全員とする。原則として年に古生物学・年代学研究センターの年間報告会の時に合わせて行う。

### ・ 博物館運営会議

構成は、博物館長・博物館技術職員・博物館担当教員で構成する。古生物学・年代学研究センター運営委員会開催の前の数日以内、および運営に関する検討事項が生じた際に行う。

## 4 規程

### ○岡山理科大学恐竜学博物館規程

(趣旨)

第1条 岡山理科大学恐竜学博物館規程は、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 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。

## 6. 危機管理対策

### 1. 標本盗難、破損・汚損等防止対策

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

### 2. 火災・地震等の危機対応

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

# 2020年度事業運営報告

## 1. 構成員

今年度の構成員は下記の通りであった。

### 専任教員

豊田 新 古生物学年代学研究センター 教授 (センター長)

### 兼務研究員

青木一勝 教育推進機構 基盤教育センター 准教授  
石垣 忍 生物地球学部 生物地球学科 教授 (恐竜学博物館館長)  
今山武志 研究・社会連携機構 フロンティア理工学研究所 准教授  
高橋亮雄 生物地球学部 生物地球学科 准教授  
能美洋介 生物地球学部 生物地球学科 教授  
衣笠哲也 工学部 機械システム工学科 教授  
兵藤博信 研究・社会連携機構 フロンティア理工学研究所 教授  
林 昭次 生物地球学部 生物地球学科 講師  
實吉玄貴 生物地球学部 生物地球学科 准教授  
千葉謙太郎 生物地球学部 生物地球学科 助教  
畠山唯達 情報処理センター 教授  
辻極秀次 理学部 臨床生命科学科 教授

### 技術職員

奥田ゆう 恐竜学博物館専属

## 2. 運営委員会

### 2-1 研究センター運営委員会

メンバー： 豊田 石垣 實吉 高橋

原則として月1回(2月までに10回)開催した

予算、調査の対応、成果の報告、協定の検討などを行った。

### 2-2 博物館運営委員会

メンバー： 石垣 高橋 林 奥田

博物館の状況、運営について検討を行った。

## 3. セミナーの開催

次の2回(予定を含む)開催した

第1回セミナー 2020年11月7日(土) 13:00-14:30

場所 D4号館1階セミナー室

私立大学研究ブランディング事業の成果と総括 恐竜学博物館長 石垣 忍

古生物学・年代学研究センターの設置と中期計画 古生物学・年代学研究センター長 豊田 新

第2回セミナー 2021年3月(予定)

専任教員、兼務研究員の研究報告(予定)

## 4. 今年度の主な活動

2020年度岡山理科大学プロジェクト研究推進事業「モンゴル国ゴビ砂漠の地質・化石調査から解明するアジア内陸域における生物多様性とその変遷」を得て、研究を進める予定であったが、新型コロナウイルス感染拡大のため、現地の調査を行うことができなかった。すでに取得している試料の分析、解析を進めた。成果について後述する。

今年度で終了するMEMORANDUM OF UNDERSTANDING ON JOINT RESEARCH(共同調査研究の了解覚書)の更新をすることができた。

本研究センターのリーフレットの作成、ホームページの開設を行った。

## 2020 年度岡山理科大学プロジェクト研究推進事業 申請書

所属	職位	申請者(研究代表者)	申請額(詳細は7)	
古生物学・年代学 研究センター	教授	豊田 新	1年目 5000千円	2年目 2500千円

### 1. 研究課題区分(該当するものを■としてください)

- (A) 社会的要請の強い研究
- (B) 大型競争的資金に申請予定の研究
- (C) 若手研究者が代表の研究
- (D) 協定を締結している大学等との共同研究

### 2. 研究プロジェクト名

モンゴル国ゴビ砂漠の地質・化石調査から解明するアジア内陸域における生物多様性とその変遷

### 3. 研究目的と協働から期待できる効果

①背景と経緯、②研究期間内の目標、③特色及び独創性、④協働効果、⑤上記研究課題区分を選択した理由について、具体的かつ明確に記述すること

#### ① 背景と経緯

白亜紀末の大量絶滅により、多くの脊椎動物が絶滅したが、絶滅を免れたグループもあり、絶滅した種とそうでない種を分けた要因については明らかではない。また先行研究によれば、白亜紀末の絶滅以前、既に恐竜類の多様性は低下していたとの報告もある。このような白亜紀を通した化石記録は、当時沿岸部で堆積した地層、あるいは欧米を中心に研究されてきた。一方で、モンゴル国ゴビ砂漠は、陸域の生態系を考える上で重要な大陸内陸部での地層と化石記録を保存している。本地域の白亜紀生物相研究は、アジアかつ内陸部より産出する白亜紀陸上生物相を知る上で極めて重要な情報を提供する(図1)。しかし、化石種の生息年代は詳細に決定されておらず、北米などの化石記録と対比する大きな障壁となってきた。本研究グループでは、プロジェクト研究推進事業、私立大学研究ブランディング事業などにより、ゴビ砂漠での継続的な野外調査を進めてきた。この過程で、本学に導入されたレーザーICP質量分析計を用いて化石含有層の新たな年代測定法を開発し、実際に絶対年代を求めるとの成果も得ている(文献1)ほか、化石の生化学的分析や恐竜のロボット工学的歩行復元といった、これまでにない視点の化石研究も進めてきた。ところが今年(2019)度に、予定より1年早く私立大学研究ブランディング事業が打ち切られることになり、研究成果を上げてきているこれら事業の研究計画は完遂していない。



図1 白亜紀後期の代表的な化石産地(沿岸域 ●)とモンゴル(内陸域 ★)

## ② 研究期間内の目標

以上の経緯を踏まえ、本申請研究では、ブランディング事業において目標とし、かつ成果を挙げつつあった課題に取り組むとともに、これまでの成果を踏まえて、新たな研究目標を次のように設定する。

### (1) 化石及び化石含有層の年代決定

モンゴル国ゴビ砂漠の白亜紀化石記録に対して、特にその変遷について議論が深まらない要因として、化石記録を除く白亜系の年代が明らかになっていないことがある。本申請研究では、骨化石を対象としたアパタイトの直接年代測定の問題点抽出と、さらなる可能性の模索を行うとともに、今回有用性が確認された土壌性炭酸塩岩の年代測定手法をより広範な年代といわれる地層へ適用する。すでに測定用試料（年代測定用骨化石標本と土壌性炭酸塩岩）はゴビ砂漠より採取されており、本学への輸送を完了している。これらの試料に対し、レーザーICP質量分析計によって分析し年代を得ることで、ゴビ砂漠後期白亜紀全体の年代軸確立を目指す。

### (2) 化石種の生理・生態の復元と現生生物との比較

化石として発見される絶滅動物の生理・生態を復元するためには、現生種の骨の構造、足跡と生理、生態との関係を解明し、そのデータを基に化石へ応用する必要がある。研究ブランディング事業において、足跡化石のデジタルデータ化と取得効率の迅速化を達成し、現生動物や、力学シミュレーション結果との比較が可能になった。本申請研究においては、さらにデータを蓄積し、数理モデルの再構成、ロボット工学における知見などにより、現生動物と対比させて、竜脚恐竜を中心とした大型四足生物の特殊な歩行様式、特に旋回動作に焦点をあてた歩行様式の解明をすすめる。また、古生物の生理生態学的情報を理解するため、恐竜学博物館に導入されたX線CTスキャナーを中心に、恐竜類と系統的に近いワニ類や鳥類の骨内部構造のデータを収集している。これら現生動物と恐竜類の骨外部・内部構造の比較、同位体の分析による恐竜類の成長・性差・脳容積のデータを蓄積し、化石種の生理・生態の復元を進める。さらに、恐竜化石の病理標本に対しX線CTスキャナーを用いて観察し、骨組織の復元過程を明らかにするといった挑戦的な研究課題に取り組む。

### (3) Bayn Shire 層の年代層序確立と化石動物相の解明

Bayn Shire 層は、ゴビ砂漠の他のより新しい地層に比べ、産出する化石標本は量・質ともに劣っているとされてきたが、本研究グループは、保存状態の良好な恐竜化石や、新種の可能性の高い哺乳類化石を含む小型動物化石の密集層を発見した。一方、研究ブランディング事業の成果として土壌性炭酸塩岩から得られた Bayn Shire 層の年代（約 9000 万年前後）は、被子植物の多様化に伴い、様々な動物で現代型の分類群が適応放散した時期に相当する。前述のように、この時代の陸上化石記録は世界的にも乏しいため、本層で得られる化石動物相は、この時代の動物の進化史における最大の空白期を埋める鍵となる可能性が高い。本申請研究では、土壌性炭酸塩岩の年代測定をさらに積み重ね、本層から新たに発見される動物化石の分類学的検討を組み合わせることで、生態系の一大変革期の詳細を明らかにする。

## ③ 特色及び独創性

恐竜などの古生物の研究では、形態学的あるいは地質学的側面のどちらかに研究対象を絞って行われることが多く、「生物としての恐竜」という総合的な成果が得られていない。本申請研究においては、地質学・地球化学・古生物学・生物学・工学というさまざまな側面の学問領域から研究を進め、総合的に後期白亜紀の脊椎動物相を解明する点が特色であり、独創性である。前述の通り、土壌性炭酸塩岩に基づく年代測定法は、約 100 年の間切望されてきた年代決定を可能にするだけでなく、これまで年代測定が不能であった世界各地の地層への応用も可能にする。また、発見した化石密集層は、その一部を発掘したに過ぎず、今後さらなる新種化石の発見が見込まれる。このような年代学と古生物学の先

進的な取り組みを同時に実現できるのは本研究グループにおいて他にない。

#### ④ 協働効果

本申請研究のプロジェクトメンバーは、学内の複数機関に所属する教員、研究協力協定先の研究機関の研究者から構成され、地質学・鉱物学・年代学・古生物学・工学・生化学などを合わせた学際的なアプローチを可能するとともに、現地をよく知るモンゴル側の協力を得て行われるものである。古生物に関するこれらのアプローチで得られた成果を総合することによって、これまでにはない、新しい次元の成果が得られることが期待できる。さらに研究成果については古生物学・年代学研究センターの恐竜学博物館を中心に社会に向けて発信することを予定している。

#### ⑤ 上記研究課題区分を選定した理由

本学はモンゴル科学アカデミー古生物学研究所と2017年に研究協力協定を締結した。モンゴルでの野外調査の実施や、化石標本の管理、岩石試料や化石標本の輸出許可は、このモンゴル科学アカデミー古生物学研究所によって一元的に統括される。また、当研究所とプロジェクトメンバーは長期にわたり共同調査・研究を行っており、強固な協力関係を構築している。本申請研究は、以上のように、モンゴル科学アカデミー古生物学研究所との研究協力協定を基礎として行われることから、本研究課題区分を選定した。

### 4. 研究計画・研究方法

#### ① 研究体制

2020年4月に開設される古生物学・年代学研究センターが中心的に取り組む研究プロジェクトとして位置づける。研究センターの運営体制に組み込み、研究センター長が研究全体を統括する形で本研究プロジェクトに取り組む。

(1) 研究ユニットの編成 本研究に関わる研究実績に基づき研究ユニットを編成する。

a) 現地調査ユニット (豊田・高橋・石垣・實吉・林・千葉・Tsogtbaatar・Mainbayar)

b) 年代測定ユニット (豊田・能美・兵藤・實吉・青木・今山)

c) 古環境復元ユニット (豊田・能美・實吉)

d) 化石分類ユニット (高橋・林・千葉・Tsogtbaatar)

e) 古生態復元ユニット (石垣・衣笠・林・千葉・Mainbayar)

(2) 各研究ユニットのミーティングを毎月1回程度開催し、研究の打ち合わせを行う。

(3) 各ユニットの代表者による研究推進会議を毎月1回程度開催し、研究の進行状況の確認を行う。

(4) 全体の研究報告会を年間3回程度開催し、研究成果の議論を行う。

#### ② 年次計画(申請予定の外部資金も記載すること)

#### 2020年度

(1) モンゴルゴビ砂漠東部、中央部、西部から採取されている試料を対象に分析を進める。

a) 歯を中心とした化石のU-Pb年代測定を行う。

b) 土壌性炭酸塩岩のU-Pb年代測定を行う。

c) 堆積物の石英、ジルコンの分析により、堆積層の対比や、環境変動と対応した供給源の変動を議論するのに必要なデータを得る。

(2) モンゴルゴビ砂漠東部、Bayn Shire層の分布する複数地域より化石を採取するとともに、年代測定用試料の採取、古環境復元に用いる地層記載を行う。本学で分析する試料を選別し、梱包、送付作業を行う。

(3) すでに取得している足跡化石のデジタルデータの整理を行う。大型四足生物の特殊な歩行様式数理モデルの再構成、ロボットの実現を図る。すでに取得している化石を用いて、現生爬虫類



等と恐竜類の骨外部・内部構造の比較，同位体の分析を進める。

#### 2021年度

- (1) 年代測定，後背地推定に関するデータをまとめ，モンゴルゴビ砂漠恐竜化石産出堆積層全体について相互の関係，年代を議論する。
- (2) 2020年度に採取した試料の分析を行う。動物化石の分類学的検討を行い，被子植物の多様化に伴って起きたと考えられる，各動物種の適応放散について考察する。
- (3) 必要があれば追加でゴビ砂漠や相手研究機関での試料採取，調査を行う。
- (4) 足跡化石データと比較することにより，恐竜の歩行様式の考察を行う。
- (5) 各研究ユニットの成果をまとめ，白亜紀後期における陸域の生態系の変遷の議論を行う。
- (6) 年度末にモンゴル側を訪問し，これまでの成果のまとめの議論を行う。

本申請研究プロジェクトの枠組みでの他の外部資金の申請予定はない。

#### 5. プロジェクトメンバー(人数に応じて行を追加・削除して下さい。学外プロジェクトメンバーがいる場合は記載。)

	所属	職位	研究者名	研究プロジェクトにおける研究課題
1	研究・社会連携機構	教授	豊田 新	ESR を用いた堆積物石英の特徴化と後背地推定
2	生物地球学部	教授	能美 洋介	ジルコンを用いた堆積物の特徴化と後背地推定
3	生物地球学部	教授	石垣 忍	足跡化石による恐竜の歩行様式の解明
4	理学部	教授	兵藤 博信	K-Ar 法による堆積層鉱物の分析
5	工学部	教授	衣笠 哲也	数理モデルによる恐竜類の運動様式の復元
6	理学部	准教授	高橋 亮雄	小型脊椎動物化石の分類
7	生物地球学部	准教授	實吉 玄貴	地質調査による古環境復元
8	理学部	准教授	青木 一勝	LA-ICP-MS を用いた U-Pb 年代測定
9	理学部	准教授	今山 武志	二次的な元素移動の観察と年代測定への影響評価
10	生物地球学部	講師	林 昭次	骨組織に基づく恐竜類の古生態復元
11	生物地球学部	助教	千葉 謙太郎	化石の分類学的手法による動物種の適応放散
12	モンゴル科学アカデミー古生物学研究所	所長	Khishgjav Tsogtbaatar	化石の分類学的手法による動物種の適応放散
13	モンゴル科学アカデミー古生物学研究所	研究員	Buuvei Mainbayar	足跡化石による恐竜の歩行様式の解明

# 2020年度岡山理科大学プロジェクト研究推進事業 モンゴル国ゴビ砂漠の地質・化石調査から解明するアジア内 陸域における生物多様性とその変遷

進捗状況 2020年9月30日

## (1) 化石及び化石含有層の年代決定

恐竜歯化石の直接年代測定のため、ネメグト層産タルボサウルの歯化石を使用することとした。適切な分析箇所選定のため、組成分布やカラーCL および微量元素パターンを調べた。化石化初期の情報を保持していると考えられる場所の特定を進めている。

ゴビ砂漠西部ネメグト層の年代を明らかにするため、これまで採取したカリーチを用いてU-Pb年代測定を準備中である。

東部エルギリンゾー地域の層準の年代を明らかにするために、古地磁気年代測定のための分析を行っている。

中部白亜紀後期の堆積層であるジャドフタ層、及びヤガンホービル地域の層準の地層の帰属を決定するための石英のESR特徴解析を継続中している。不純物に関連した信号についても解析を進めている。

## (2) 化石種の生理・生態の復元と現生生物との比較

本年度はモンゴルでの調査が行えないため、比較対象となる現生の鳥類や爬虫類の行跡の記録と解析を行っている。7リンクモデルを用いて竜脚類とゾウの旋回動作の数値シミュレーションを実現し、操舵率および重心位置と軌道差の関係を明らかにした。さらに、足跡化石をシミュレーションにより再構成した。

モンゴルの恐竜足跡化石について、モンゴルの研究者と共同で論文執筆を継続中である。

モンゴル科学アカデミー所蔵標本ならびに私立大学研究ブランディング事業で発見した新標本を用いて、鎧竜化石の再検討を行った。その結果、鎧竜研究では世界で2例目となる幼体の集団化石層がバインシレ層から確認でき、ジャドフタ層からは典型的なピナコサウルス・グランゲリとは異なる形態をもつ鎧竜類を発見することができた。

## (3) Bayn Shire 層の年代層序確立と化石動物相の解明

2019年度調査で後期白亜紀バインシレ層から発見された哺乳類化石の分類学的検討を進めている。現在のところ、真獣類 Zhelestidae に含まれる新種の哺乳類と考えている。また、CT撮影や歯の表面の微細構造の観察など、分類学的な情報だけでなく古生態学的側面を明らかにするためのデータ収集を行っている。

カメ類（爬虫綱）の系統分類を継続して行っている。昨年度（2019年度）にロシアの研究所に収蔵されている近縁種と比較して得られたデータを用いて検討を進めたところ、少なくとも2種の未記載種が含まれていることが明らかになった。このほか、昨年度の同層を対象とした発掘調査で得られた魚類化石の分類学的帰属についても検討を進めたところ、アミア科の一種であることが判明した。これらの脊椎動物化石は、今後の詳細な比較研究によりブランディング事業で得られたバインシレ層の年代測定の結果の検証材料となるほか、同層堆積時の陸水環境や陸生生物相の種多様性のみならず、恐竜類の潜在的餌資源についての基礎情報をもたらすと考えられる。

## 2020年度 自己点検評価の概要

### 今年度の事業計画

- ①モンゴル科学アカデミー古生物学研究所との研究協力協定を基礎とした、モンゴルゴビ砂漠の恐竜化石についての研究を進める。【35】
  - (1) 絶対年代を求めるため、化石の歯、炭酸塩堆積物を用いて同位体による年代測定を試みる。
  - (2) 次年度開催予定の、日本古生物学会及び、あわせて行われる国際シンポジウムをに向けて準備を進める。
  - (3) 被子植物の多様化に伴う動物相の変化の議論を目的として、次年度に、モンゴル東部 Bayin Shire 層の調査を行うこととし、このための準備を行う。
  - (4) 今年度で終了する研究協力協定を新たに結びなおし、今後の継続的な研究協力関係を築く。
- ②本研究センターで可能な U-Pb 年代測定法、ESR 年代測定等について、今後の発展の可能性について検討し、研究センターとして重点をおいて進めるべき新しい研究の方向性を見極める。【33】
- ③新装なった恐竜学博物館の運営体制を確立し、研究・教育・広報に活用する。
- ③-1 博物館としての基礎的な機能を確立し、学内の研究・教育に活用する。【38】
- ③-2 授業・実習での利用を促進するとともに、対外的には年間 210 日以上での展示一般公開を行う。【38】
- ④恐竜学博物館に、研究に使用する試料を受け入れる。標本登録データベースの恒常的な運営体制を確立する。
- ⑤学外との共同研究の体制を確立する。数件の共同研究を開始することをめざす。【33】

### 今年度の取組の成果と自己点検評価

- ①(1) 標準試料を使った化石(アパタイト)U-Pb 年代測定の確度の検証を行い、測定方針として問題ないことを確認した。化石化初期の年代については、試料の REE や Y の含有量を指標とし測定箇所を選定することで、適切に求められる可能性があることがわかった。一方、脆弱な炭酸塩岩の年代測定に苦労した。炭酸塩鉱物を分離・濃集させた試料の作成が急務かもしれない。評価 B
- (2) 次年度の日本古生物学会 2021 年年会は7月2日-4日に岡山理科大学をホスト校として、2020 年度実施計画で計画されていた国際シンポジウムも含めオンライン形式で開催されることとなった。この決定を受け、国際シンポジウムでご講演を依頼していた海外研究者よりビデオ配信を含むオンラインでの発表を改めて打診し、承諾を得ることができた。評価 A
- (3) 2019 年度に採取した Bayn Shire 産の小型哺乳類化石の同定作業をすすめた。系統解析を用いた結果、Zhelestidae に属することが明らかとなった。既知の化石種とは異なる新種の可能性が高い。また Zhelestidae の生息地がユーラシア大陸のより東部へ広がることを示した。一方で、次年度以降の調査計画を策定した。評価 B
- (4) 研究教育協定はそのまま自動更新し、共同研究覚書は現行のものを修正しモンゴル側との協議が妥結した。この覚書は、2 月末に学長署名を得たうえで予定通り 3 月中に更新される予定となっている。評価 A
- ②研究の中期計画について合意を得て、作成作業を終えた。評価 B
- ③-1 博物館作業部会を組織し、館の教育、研究、標本管理および標本収集活動について役割分担のうえ、それぞれの計画を進めた。博物館は、付属中高の授業やイベント、他大学や各種団体・機関による本学の見学や研修においても積極的に活用された。また学内外の教員や研究者および学生(卒論生・院生 12名)が、標本や機器(X 線 CT)を利用した。【38】評価 A
- ③-2 恐竜学 I,II、博物館資料論、古生物学実習、野外博物館実習で恐竜学博物館が活用された。新型コロナ対策のため学外見学希望者を予約制で 6 月 23 日より開館した。12 月 26 日現在までで 2,520 名の入場者が得られたが、本年度の開館日数はおよそ 170 日程度となった。展示観覧にあたって、アルバイト学生の協力のもと予約見学者に展示解説を実施したところ、非常に好評であった。また展示物の貸出・特別展協力は 3 件(予約 4 件の内、1 件はキャンセル)、新聞雑誌等への掲載がおおよそ 35 件であった。【38】  
評価:A
- ④動物園・水族館(5館園)と企業(1 社)より現生動物の骨格標本等を受け入れた。また個人コレクターより、まとまった化石コレクションの寄贈申し出が4件あり、受け入れの準備を進めている。標本データベースは仕様の策定まで終了した。評価 B
- ⑤国内他大学等との共同研究 15 件、国外との共同研究 7 件を実施している。公募する形での共同研究の体制については検討ができていない。【38】 評価:A

## 今後の課題

- ① (1)今年度明らかになった測定点選定基準を用いて測定試料(歯化石)を増やし、得られた年代の統計処理からその年代学的意味を探る。作業が滞っている炭酸塩岩年代測定用の試料作成を迅速に行う。
- (2)ポスターセッションおよび年会最終日(7/4)に計画されていた普及講演会の実施形式については、これから日本古生物学会の評議委員会にて検討される。
- (3)新型コロナウイルスの影響から、2020年度の現地調査が不可能であった。そのため、モンゴル側との協議に基づき新たな野外調査計画を策定した後、調査許可を取得し、調査を行うことで、対象層より産出する化石群の更なる採取・記載・研究を推進する。
- (4)モンゴルへの渡航ができない状態が来年度も長く継続する場合は、オンライン会議や成果発表会、標本貸出等を通して両研究機関の交流や共同研究が推進できるような体制を作る。
- ②研究計画を具体化し、年度ごとに着実に成果を積み上げていく取り組みが必要である。
- ③-1 With コロナ時代において博物館使命の遂行に必要なもの・体制・活動を検討し、実施する。
- ③-2 2021度も新型コロナウイルスの影響次第では、開館日数は大幅に制限される可能性は高い。こうした影響下における教育・学習機会の提供と情報発信の方法についての検討を行う必要がある。
- ④ 標本登録データベースは現在作成の途にあるため、来年度中の標本の整理と登録・管理システムの確立をめざす。
- ⑤公募研究の実施体制について検討のうえ、確立させる必要がある。

## MEMORANDUM OF UNDERSTANDING ON JOINT RESEARCH

This Memorandum of Understanding (hereinafter “Memorandum 2021”) regarding the joint research on the paleontology and geology of Mongolia (hereinafter “Joint Research”), is concluded between Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences (hereinafter “IP MAS”) and Okayama University of Science, (hereinafter “OUS”). This Memorandum 2021 is concluded on the basis of Joint Paleontological Research and Education Agreement concluded between Research Center of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences (hereinafter “RCP”) and OUS on October 22, 2013. And this Memorandum 2021 succeeds the Memorandum of Understanding on Joint Research concluded between IPG and OUS on August 22, 2017 (hereinafter “Memorandum 2017”). All terms designating “Institute of Paleontology and Geology” including its abbreviation “IPG” that appeared in said Agreement and Memorandum 2017 are replaced with the term of “Institute of Paleontology” or its abbreviation “IP MAS” since the change of its name.

This Memorandum 2021 is signed on

\_\_\_\_\_, 2021.  
MONTH DATE

And shall become effective as of April 1, 2021.

WITNESSES;

### ARTICLE 1. Joint Research

Both parties shall jointly conduct paleontological and geological surveys (including but not limited to field work) in Mongolia and jointly research excavated fossil specimens and obtained geological data in Mongolia.

### ARTICLE 2. Obligations

OUS: OUS agrees to pay Two hundred thousand Japanese YEN (200,000JPY) per year to partially cover the cost of registration, tax and insurance of four vehicles (Land Cruiser, Pajero, White KAMAZ, and Green KAMAZ) for the Joint Research, and concerning the maintenance of the office room and storage of the Japanese side of Joint Research in the Paleontological Laboratory of IP MAS, Ulaanbaatar, Mongolia. OUS also agrees to invite Mongolian researchers to OUS annually for joint research work on Mongolian specimens, rock samples and/or data, for the period as set forth in Article 7. The cost burden, traveling and lodging expenses, and per diem for the invited researchers, will be decided after mutual consultation.

IP MAS: IP MAS shall maintain and manage the above-mentioned vehicles, office room, and storage in the Paleontological Laboratory of IP MAS, Ulaanbaatar, Mongolia. IP MAS agrees that IP MAS shall permit OUS to use such vehicles, office room, and storage in the Paleontological Laboratory of IP MAS when OUS researchers visit Mongolia for the purpose of the activities of Joint Research.

### ARTICLE 3. Performance of Joint Expedition

The details of joint field work in each year, including decisions whether such Joint Field Work is to be conducted or not to be conducted each year, shall be decided through mutual discussion and consultation by the both parties. OUS agrees that all reasonable expenses and costs for said Joint Field Work shall be owed and payable by OUS. Research of excavated specimens and data obtained by such Joint Field Work shall be conducted at OUS, IP MAS, or other places suitable for such Research.

### ARTICLE 4. Casts and Molds

Both parties hereto shall have a right to make molds and casts of fossil specimens collected by joint field work, provided that the molding and casting shall be made with prior consent of the other parties. Such molding and casting shall be conducted at OUS, IP MAS, or other places suitable for them. Both parties hereto shall own jointly the ownership, copyright and titles of molds produced hereunder. In cases where a mold is produced hereunder, two sets of casts from the mold shall be produced and each party shall own one cast. In case where more than two sets of casts from a mold produced hereunder are produced, the details of such extra casts shall be decided through mutual discussion and consultation by both parties. Such molds and casts shall only be used for Joint Research, Education, and Exhibition. Such molds and

casts shall not be transferred or assigned to any third party without prior mutual agreement by the both parties. In cases where such molds or casts are transferred or assigned to any third party, the details of such transfer or assignment shall be decided through mutual discussion and consultation between both parties.

**ARTICLE 5. Excavated Specimens, Obtained Data, and Results of Analysis**

The parties hereto shall own jointly the research right of excavated specimens and obtained data by such Joint Field Work by OUS and IP MAS and shall own jointly the copyrights concerning obtained data and research achievements based on such Joint Research by OUS and IP MAS. OUS shall be responsible for transportation of the excavated specimens as original materials used for analyzing by instruments at OUS within a period of 1 year mutually agreed. However, the due date may be extended by written consent of the parties and representatives for one additional year.

**ARTICLE 6. Publication of the Results**

Publication or announcement of a part or all of the results of such Joint Research shall be presented by joint authorship of OUS and IP MAS. In cases where either party publishes or announces such Results, the party shall inform the details of such results to the other party before the publication or announcement.

**ARTICLE 7. Terms**

This Agreement shall be made effective upon signing of this Agreement, and remain in effect until March 31, 2026.

**ARTICLE 8. Force Majeure**

If either party is prevented from or delayed in carrying out any of the provisions of this Memorandum by reason of any acts of God, war, accident, lack of or failure of transportation, facilities, or by reason of any other cause whatever beyond the reasonable control of the party, the party prevented or delayed shall be excused from such performance to the extent and during the period of such prevention or delay.

**ARTICLE 9. Assignment**

This Memorandum or any right hereunder shall not be assigned or transferred to any third party without a prior written consent of both parties hereto.

**ARTICLE 10. Notice**

Any notice or report required or authorized to be given hereunder shall be sent by facsimile and email transmission subject to the receipt of the formal return reply code of the sender, or by registered air mail, return receipt requested, addressed to the addressee party at its place of business first above written, or at such place as may be designated in writing hereinafter by such party for the receipt of such notice or report. Notice given as herein provided shall be considered to have been given on the date of sending.

**ARTICLE 11. Amendment**

This Memorandum may not be amended, supplemented or otherwise modified without any instrument in writing signed by the parties thereto.

IN WITNESS WHEREOF, the two parties hereto have executed this Memorandum by their duly authorized representatives. Two copies of this Memorandum shall be drawn up, and each party shall keep each copy.

By:

By:

Yasunobu Yanagisawa

Khishigjav Tsogtbaatar

President  
Okayama University of Science  
Kake Educational Institution  
Okayama, Japan

Director  
Institute of Paleontology  
Mongolian Academy of Sciences  
Ulaanbaatar, Mongolia

## 共同調査研究の了解覚書

この了解覚書（以下、「覚書 2021」と略す）は、モンゴルの地質古生物についての共同研究（以下共同研究と略す）に関して、岡山理科大学（以下 OUS と略す）とモンゴル科学アカデミー、古生物学研究所（Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences 以下 IP MAS と略す）の間で締結されるものである。本覚書 2021 は、2013 年 10 月 22 日に OUS と古生物学研究所（Research Institute of Paleontology 以下 RCP と略す）との間で締結された Joint Paleontological Research and Education Agreement（共同古生物学研究・教育の相互協力に関わる協定書）（以下 Agreement と略す）に基づく。また本覚書 2021 は 2017 年 8 月 22 日に OUS と IPG との間で締結された Memorandum of Understanding on Joint Research（共同調査研究の了解覚書）（以下 Memorandum 2017 と略す）を継承する。これら Agreement 及び Memorandum 2017 の文の全ての「古生物学地質学研究所」およびその略称である「IPG」という言葉は、名称変更に伴い、「古生物学研究所」およびその略称である「IP MAS」という言葉に置き換えられる。

この覚書は 2021 年 月 日に調印され、2021 年 4 月 1 日より発効するものとする。

証書；

### 第 1 条 共同調査研究

両者は、共同で、モンゴルのゴビ砂漠での古生物学的・地質学的調査（野外調査を含む。ただし、これに限定されない）、およびゴビ砂漠でこれまでに発掘された化石標本・地質学的資料の研究をおこなうものとする。

### 第 2 条 義務

OUS：OUS は共同調査関連の 4 台の車両（Land Cruiser、Pajero、White KAMAZ、Green KAMAZ）の税と保険に関する費用および IP MAS のラボ（モンゴル国ウランバートル市）にある共同調査の日本側の部屋および物品庫の維持費として 200,000JPY を毎年 IP に支払うことに合意する。また、OUS は、第 7 条に示される期限の間、共同調査に基づく化石標本、岩石試料、データ資料の解析を目的に、IP 研究員を OUS へ受け入れることができる、その経費負担、旅費、滞在費、日当については両者協議の上決定する。

IP MAS：IP MAS は、上記の IP MAS（モンゴル国ウランバートル市）にある日本側の部屋、物品庫、および車両の維持管理をおこなうものとする。また、IP MAS は、共同調査に関する業務のために OUS の研究者がモンゴルを訪れたときに、IP MAS のラボにある当該車両、当該部屋、当該物品庫を OUS が使用することを許可することに合意する。

### 第 3 条 調査の遂行

モンゴルでの共同野外調査の詳細は毎年、その年に野外調査をするかしないかも含めて、双方の相互の議論によって決定されるものとする。OUS は、共同野外調査の費用を OUS が負担することに合意する。発掘標本および資料の研究は、OUS、IP MAS、あるいはそれに適した場所でおこなうものとする。

### 第 4 条 モールドおよびキャスト

両者は、両者の事前の合意に基づいて、共同調査によって採集された化石標本のモールドおよびキャストを作成する権利を有するものとする。モールドおよびキャストの作成は、OUS、IP MAS、あるいはそれに適した場所でおこなうものとする。両者は、ここに規定された条件下で作成されたモールドに関して、共同で所有権や権利権限を持つものとする。ここに規定する条件下であるモールドを作成した場合、その同一のモールドからキャストを 2 セット作成し、それぞれが 1 セットずつ所有するものとする。一つのモールドからキャストを 3 セット以上作成する場合は、両者協議の上、その割り増したキャストに関する詳細を決定するものとする。当該モールドおよびキャストは、共同研究・教育・展示のためにのみ使用されるものとする。当該モールドおよびキャストは、両者の相互の事前の合意なくして、第三者に譲渡されないものとする。他方の事前の合意なくして第三者に譲渡しないものとする。当該モールドおよびキャストを第三者に譲渡する場合は、双方の相互の議論によって、詳細を決定するものとする。

### 第 5 条 発掘標本と得られたデータ・分析結果

OUS と IP MAS との共同野外調査で発掘された標本の研究権利は、双方の共同所有であるものとする。また、OUS と IP MAS の共同研究で得られたデータ・分析結果は、双方が共同でこれらのコピーライトを有するものとする。OUS は、共同野外調査により得られた実物化石標本に関し、両者の合意に基づき、OUS に設置された装置を用いる各種分析を目的に、1 年のうちに、モンゴルへ返還する責任を負う。但し、別途定める書面に基づいた両者の合意により、借用期間を 1 年間延長することができる。

第6条 成果の公表

研究成果の一部あるいはすべての出版や公表は OUS と IP MAS との共同名で発表されるものとする。一方がそれを公表しようとする時は、事前に他方にその趣旨の連絡をすることとする。

第7条 期間

本協定の有効期間は、締結日から2026年3月31日までとする。

第8条 不可抗力

天災、戦争、事故、輸送機関の不足を原因として、または、当事者の合理的な支配を超える他のいかなる原因を理由に、いずれかの当事者が、本覚書に定める規定の履行が妨げられたり、遅滞させられた場合には、かかる妨げられたり遅滞させられた当事者は、当該妨害や遅滞の期間において、かかる規定の履行から免除されるものとする。

第9条 譲渡

本覚書もしくは本書に規定される権利は、本書の両当事者の書面による事前の承諾がなければ、いかなる第三者へも譲渡されないし移転もされない。

第10条 通知

本書に基づいて要請されまたは許容される全ての通知や報告は、冒頭に記載される相手方の事業所、もしくは、以後、当事者が通知や報告を受領するために、書面により指定する場所に宛て、送信人によるアンサーバックコードを要求した電子メール、ファクシミリ、または、受取受領書を要求した書留航空便によって送付される。本書においてなされる通知は、発送日をもって発送されたものとみなされる。

第11条 修正

本覚書は、本書の両当事者により書名された書面による指示以外は、修正、補足または変更されることはない。

以上の合意と受諾の証しとして、各当事者の権限ある署名者をもって、本覚書は全当事者により締結された。本覚書は2通作成され、両者それぞれ1通を所持するものとする。

---

学校法人 加計学園  
岡山理科大学  
学長  
柳澤 康信

---

モンゴル科学アカデミー  
古生物学研究所  
所長  
ヒシグジャウ=ツォクトバートル



岡山理科大学

# 古生物学・年代学研究センター

年代学を基礎とした  
古生物のマクロ進化の解明を目指して

地球上に生命が誕生してから約40億年、その間に生命は劇的な環境変化を生き延び、進化を続けてきました。その歴史を紐解くことは、私たち生命が今日、地球上の何者として生きているのかを知ることに繋がります。ここで、その「歴史」としての地球上のさまざまな事件が「いつ」起きたか、は本質的な問題です。

2020年4月に開設された岡山理科大学古生物学・年代学研究センターは、年代学を基礎として、地球の歴史と生命の進化を明らかにする研究を進めています。

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

岡山理科大学研究・社会連携機構  
古生物学・年代学研究センター

〒700-0005 岡山市北区理大町1-1 TEL.086-256-9731

岡山理科大学

## ホームページの開設

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

古生物・年代学研究センター

岡山理科大学

TOP センターについて 研究成果 恐竜博物館 プロジェクト・共同研究 メンバー



  
センターの目標

2020年4月、岡山理科大学に古生物学・年代学研究センターが設立されました。

# 2020年度岡山理科大学恐竜学博物館活動報告

石垣忍\*・奥田ゆう\*\*

\*岡山理科大学生物地球学部生物地球学科・岡山理科大学恐竜学博物館

\*\*岡山理科大学恐竜学博物館

## 1. 概要

岡山理科大学恐竜学博物館にとって、2020年度は大きな変化と大きな試練を経験した年度となった。

大きな変化は、2019年度末から恐竜学博物館のメイン展示室を中心に展示更新を実施し、それが完成することによって非常に見ごたえのある優れた展示空間ができたということである。実際の入館者を受け入れてみると非常に高い評価を得ることができた。これは文部科学省私立大学研究ブランディング事業の助成金を使ったことに加えて、ブランディング事業に関連した学内の教員や学生、工作センターをはじめとする技術職・事務職の皆さんの持続的で熱心な協力を得られたことや、アイデアデザイン事務所をはじめとする優れた展示デザインチームと質と内容の高いコラボレーションができたことによる。学術教育面や展示制作だけでなく、予算処理や各種の書類作成も含め、関係者すべてが、利用者にいかに有意義な時を過ごしてもらえる場を作るかということに皆のベクトルを合わせることができたことは大変喜ばしいことであった。

大きな試練とは言うまでもなくコロナウイルス問題である。6月下旬までリニューアル開館できず、開館後も予約制をとらざるを得なかった。これは膨大な事務仕事を伴うことで、博物館本来の研究支援や教育関連の仕事に大きな影響を与えた。2018年3月に開館した恐竜学博物館は最初の一年間で1万4千人の外部入館者を迎え、二年目には累計で二万数千人になったところでリニューアル休館に入った。コロナ禍がなければ早々と三万人目の外部入館者を迎え、今年度だけで二万数千人の人を迎えることができていたであろう。外国の人も迎えた国際シンポジウムや、日本古生物学会の年会も昨夏に開けていたはずである。年度末の今頃はブランディング事業五年目の仕上げと、開館三周年を記念した一般向けイベントも開かれていたであろう。そうした「はずである」ということを考えると、仕方がないとはいえ忸怩たる思いがある。

しかし、大きな変化と大きな試練は、「博物館とは何か」を考えるための良い機会でもあった。

恐竜学博物館は大学博物館として、また古生物学・年代学研究センター附属施設として、どんな状況下でも研究と教育の拠点の役割を果たさなければならない。また、開館間もない当博物館は、博物館として本来あるべき機能を持つためにやらなければいけないことを多く抱えている。当館は小さいアイデア、小さな組織、小さな施設から始まった。徐々に大きく育ちつつある。来年度にはコロナ禍も徐々に収束に向かうであろう。それに伴って人々の知的な欲求は大きく解放され、学術活動は盛んになるであろう。それを受け止め、そしてモンゴル調査再開に伴う研究活動の推進を力強く支援する組織として少しずつではあるが着実に成長していきたい。

## 2. 施設

以下の施設により本博物館は構成される。

2-1 中央施設（メイン展示室・標本室・研究室・化石処理室・廊下部分展示・野外「恐竜の森」展示）

場所：C2号館一階（15.0×8.3=124.5㎡）廊下部分（7×10 + 2×10 =90㎡） 野外（10×3 =30㎡）

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）・展示ホール（廊下）・野外「恐竜の森」から構成される。

全室とも研究現場を公開するという方針に基づき展示を兼ねる。日常の研究活動を壁面可視化した実験室や研究室を通して一般公開する。収蔵中の実物及びレプリカの化石展示、モンゴルから採集された標本の展示、研究作業の展示を中心とする。施設内では通常の研究活動と学生教育を行うことを最優先し、その研究教育現場を外部にも公開している。2020年6月、メイン展示室を一新し、廊下部分と、窓から見える野外展示を加えて、恐竜をはじめとする生物の進化と地球環境の変遷を具体的に学習できるようになり、自然科学分野の教育拠点としての役割と、日本国内の恐竜研究拠点としての役割を果たす施設となっている。





図 1. 博物館入口に設置されたゲート。廊下も展示スペースとして活用している。



図 2. 廊下の床面や壁面を展示に利用した展示ホール。展示ケースも設置した。



図 3. 一新されたメイン展示室。モンゴルの恐竜を展示している。



図 4. メイン展示室から化石処理室のクリーニング作業が見られる。



図 5. 一階の廊下部分の南端の窓から外を見ると、恐竜時代の植物（ソテツ・ナンヨウスギ・イチョウ・トクサ・木生シダ類など）を望める野外展示がある。

## 2-2 サテライト展示1

場所：C2号館3階図書館 館内展示スペース

(旧閲覧スペースを改装した展示コーナー 約8m×6m=約50㎡)

(旧書架を改装した展示コーナー 約5m×7m=約35㎡)

施設：アロサウルス、ヒブシロフォドン、パタゴニクス等の全身骨格、様々な部分骨格、古生物学教育用の標本類、岡山の化石等を用いて教育を主目的にした展示を行っている。現在の展示は、展示企画および制作が、生物地球学部2018年度および2019年度野外博物館実習の一環で行われ、学生主体で作製されたものである(図6、7)。



図 6. サテライト展示①. 学生主体で作製された展示で、標本類を間近で観察できる。



図 7. サテライト展示①. 図書館の書棚をそのまま利用した展示。

## 2-3 サテライト展示2

場所：A1号館1階 ロビースペース

施設：高い天井高を利用し、象徴的な大型の組上げ骨格(タルボサウルス)を展示している。このタルボサウルスの組上げは2018年度の卒論学生3名によって行われ、鉄製フレームも学内の工作センター(サイエンスドリームラボ)の協力によって作成された。本学の玄関口でもあることから、タルボサウルスを岡山理科大学の「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している。(図8)。2021年2月に展示内容を改善する予定である。

また、ロビースペースのエスカレーター裏の部分に三畳紀のクルロタルシ類プレストスクスの全身骨格を2019年度の卒論生2名とともに組み上げた(図9)。今後はこのスペースをテーマ展示のエリアとして活用していきたい。



図 8. A1号館1階のロビーに設置されたタルボサウルスの全身骨格。



図 9. A1号館1階のロビーのエスカレーター裏に設置されたプレストスクスの全身骨格。



#### 2-4 サテライト展示3

場所：A1号館4階 図書館 館内展示スペース（約3m×3m=9㎡）

施設：高い天井高を利用し、象徴的な大型の組上げ骨格を展示している。また、展示横の書棚には恐竜および古生物に関する書籍を配置した。図書館内の展示スペースであることを利用し、恐竜に興味をもった学生、一般の見学者が書物によってもさらに学べる仕組みを展開している（図10）。

#### 2-5 サテライト展示4

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

施設：壁面使用可能であることを利用し、モンゴル調査の写真展示や発掘に使用される道具類を展示している。また、速報展示や映像展示を配する。床面には恐竜発掘サイトの実寸大の写真を配置し、見学者がモンゴルでの発掘調査を体感できるような展示になっている（図11）。



図10(左)．植物食恐竜サウロロフスの後肢の標本。近くの初夏には図書館の協力で、恐竜の絵本や図鑑を配置している。



図11(右)．床面に配置した恐竜発掘サイトの実寸大の写真。見学者は実際に上の上のって観察することができ、モンゴルでの発掘調査を体感できるような展示を試みた。

### 3. 恐竜学博物館の稼働状況

メイン展示室リニューアル工事とそれに続くコロナウイルス問題への対応のため、昨年度2月1日から連続して今年度6月22日まで、学外客に対しては休館した。新型コロナ対策のため学外見学希望者をかなり絞り、予約制で6月23日より開館した。12月26日現在までの外部の一般入館者は2,520名の入場者が得られた。9月初めの二週間と12月27日から2月12日までは感染防止および受験生への配慮から再び休館とした。3月末までの本年度の開館見込み日数は約170日である。コロナ禍の下では、予約確認やソーシャルディスタンス保持などのために展示観覧にあたって、アルバイト学生の協力のもと予約見学者に展示解説を実施した。これは非常に好評であった。

恐竜学I, II、博物館資料論、古生物学実習、野外博物館実習、卒業研究、他学部の博物館学芸員課程の講義などで恐竜学博物館が活用された。附属中高の授業やイベント、他大学、他の小中高や各種団体・機関による本学の見学や研修においても積極的に活用された。また学内外の教員や研究者および学生（卒論生・院生12名）が、標本や機器（X線CT）を利用した。

展示物の貸出・特別展協力は4件（静岡県静岡市科学館るくる、岐阜県博物館、山口県立博物館、岡山県環境学習センターアスエコ）（予約5件の内、1件はキャンセル）。講演会やワークショップは図書館や公民館、学校、ロータリークラブなどから依頼が14件あり、教員が行った。また、国立科学博物館、深田地質研究所、岡山県などからコロナ禍の中の教育活動としてオンラインで博物館の展示を紹介したり、博物館コンテンツの解説をするような企画が5件あり、協力した。新聞雑誌等への掲載がおおよそ35件のほか、テレビ・ラジオ

の取材を多数受けた。これらは通常の取材のほかに展示リニューアルに関連したものが多かった。

#### 4. 2021年度の目標

- ①標本の収集（モンゴルレプリカ、林原標本、寄贈標本、その他）・整理・登録管理の確実な運営と、作業室の管理体制を確立し、標本を利用した研究を促進する。
- ②博物館を利用した研究の活性化
  - ・本学とモンゴルの学生・研究者の利用しやすい場として整備し、活用促進をはかる。
  - ・モンゴルの古生物学研究所及びウランバートル大学との研究教育交流を推進する。
- ③学内外の博物館利用者に向けた活動を推進する
  - ・学内外のイベントの重点化を図り、効率よくかつ教職員への負担の少ない運営方法を確立して実施する。
  - ・野外博物館実習等の学生教育にC2号館三階図書館の展示を活用し、学生とともに展示改善を図る。
  - ・報道機関の博物館への取材を積極的に受け入れる。
  - ・古生物学概論、古生物学実習、恐竜学Ⅰ、Ⅱ、地学実習、野外博物館実習等の授業での活用を実施する。
  - ・展示や活動について、学生や外部の意見・評価を聞き、改善に生かすシステムを作る。
  - ・メイン展示とサテライトを回遊しやすいように案内板や誘導展示を充実させる。
- ④本学教職員に、研究・教育・実習・創作・国際交流・広報等の素材として「恐竜」を利用してもらう。
- ⑤運営を円滑に行うために学生と学外のボランティア、アルバイトの力を借りるシステム作りに着手する

# モンゴルゴビ砂漠の恐竜化石を産する白亜系堆積物の 石英にみられる ESR 信号の特徴

豊田 新・網本真奈\*・實吉玄貴\*\*

岡山理科大学古生物学・年代学研究センター

\*岡山理科大学大学院理学研究科修士課程応用物理学専攻

\*\*岡山理科大学生物地球学部生物地球学科

## 1. はじめに

多数の脊椎動物化石が発見されてきた中国とモンゴルにかけて広がるゴビ砂漠の上部白亜系の層序に関しては、火成岩や示準化石が乏しく、層序学的、地質年代学的研究が困難である。

地表に普遍的に存在する石英中に電子スピン共鳴 (ESR) によって観測される常磁性格子欠陥の信号は、石英固有の性質を特徴化することができ、第四紀堆積物の起源の推定、河川堆積物の混合の議論などに有効であることが示された<sup>1)</sup>。そこで、この手法を、恐竜化石を産するモンゴルゴビ砂漠の中生代堆積層の石英に適用した。今回、主な地点全体の分析結果を総括し、全体としての特徴について議論する。

電子スピン共鳴は、物質中の不対電子を検出する手法である。自然の石英中には、酸素空孔に不対電子がとらえられた  $E_1'$  中心<sup>2)</sup>、ケイ素を置き換えた Al が、放射線によって生成したホールをとらえた Al 中心<sup>3)</sup>、同様に置き換えた Ti や Ge が電子をとらえた Ti 中心<sup>4)</sup>、Ge 中心<sup>5)</sup>がある。 $E_1'$  中心については、ガンマ線照

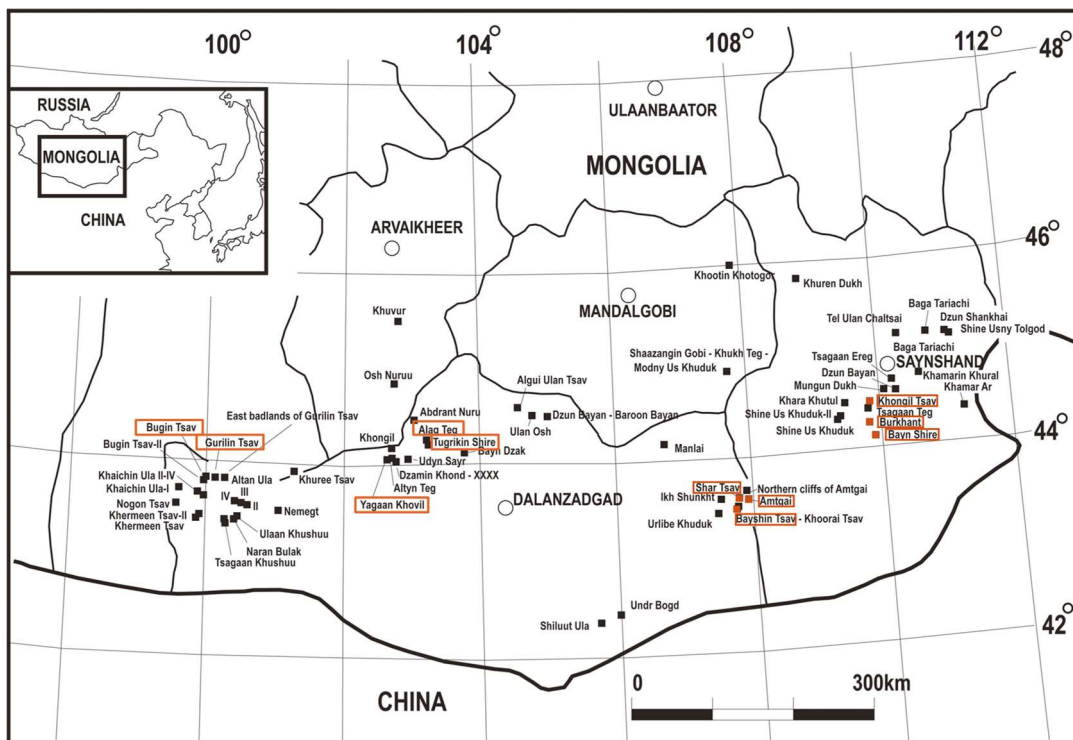


図1 モンゴルゴビ砂漠における試料採取地点 (赤枠) (Watabe et al.<sup>8)</sup> を改変)



射を行った後、加熱して信号強度を増加させ、酸素空孔量を  $E_1'$  中心として測定するのが一般的であり<sup>1)</sup>、ここで、石英中の酸素空孔量が 10Ma 以上の年代範囲で花崗岩の年代と対数スケールで相関することが示されている<sup>6)</sup>。不純物中心の信号強度に関しては、その生成効率（単位吸収線量に対する生成量）が石英中の不純物濃度とおおよそ相関する<sup>7)</sup>ことから、生成時の環境（例えばマグマの化学組成）を反映したものになっていると考えられる。

## 2. 試料と実験手順

図 1 に示す、モンゴルゴビ砂漠の各地点から堆積物または砂岩を採取した。ふるいによって、C (0.5-1 mm)、M (250-500  $\mu$ m)、F (125-250  $\mu$ m) に分け、塩酸、重液、磁選、フッ化水素酸による処理を経て、石英を抽出した。2.5 kGyの照射の後、300°C15分加熱し、酸素空孔量を  $E_1'$  中心の信号強度として、400°Cで1時間加熱して試料のもとの信号を消去した後、5 kGyの照射により信号強度を飽和させ、不純物中心の ESR 信号強度をそれぞれ測定した。照射は、量子科学技術研究開発機構高崎量子応用研究所のガンマ線照射施設において行った。ESR測定には、岡山理科大学総合機器センターの ESR測定装置 JES-PX2300 を使用した。 $E_1'$ 中心及びGe中心は室温で、Al中心、Ti中心は温度可変装置CT-470を用いて81Kにて測定をした。

## 3. 測定結果と議論

以降に示す結果は、これまで各地点、地域について報告された測定結果<sup>9-11)</sup>をまとめたものである。ここでは、M (250-500  $\mu$ m)の粒径について議論する。

### 3-1 信号強度の分布と相関

各地点のそれぞれの信号強度の測定値の平均値を図 2 に示す。横軸が各地点のおおよその東西の位置を示

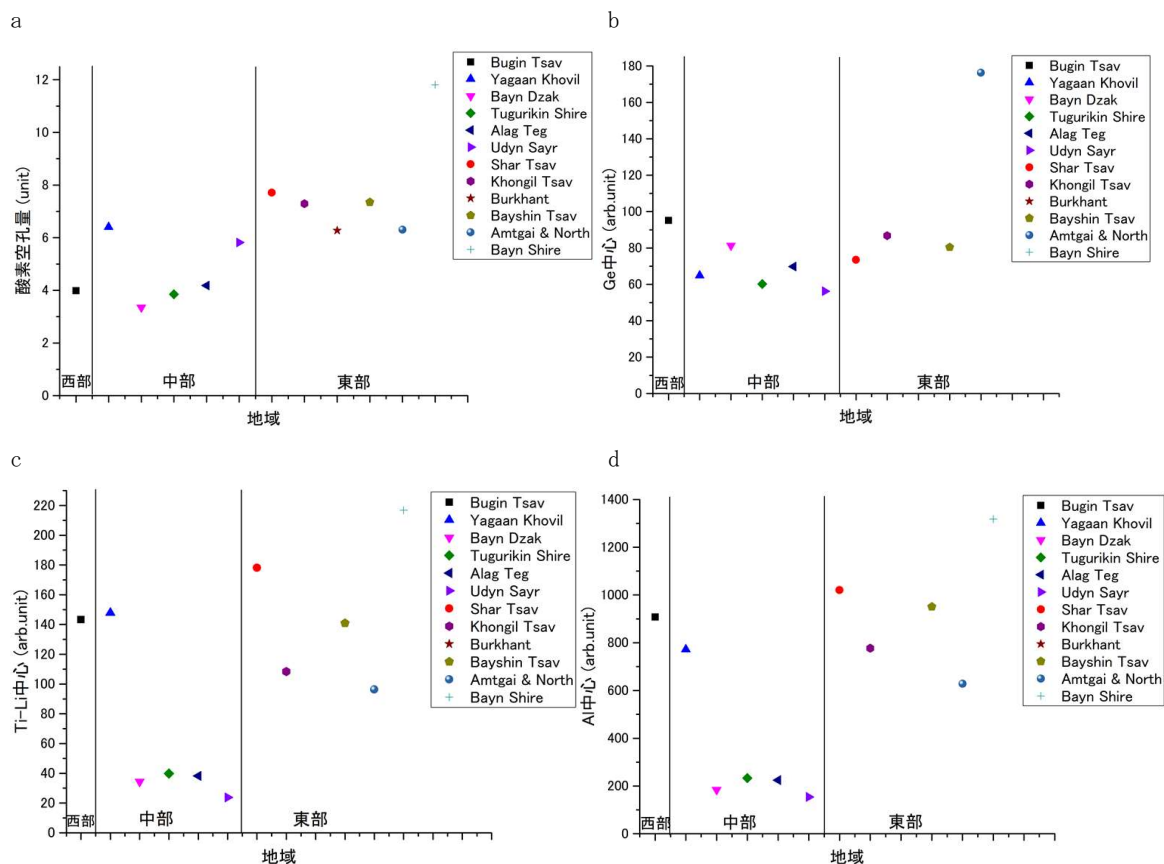


図 2 ESR 信号強度の平均値の測定地点ごとの分布

しており、東部はShar Tsavを除いてバインシレ層、中部はジャドフタ層、西部がネメグト層と分類され、堆積年代は、東部が最も古く、西部が最も新しいと考えられている<sup>12,13)</sup>。

図2 aに酸素空孔量、図2 bにGe中心、図2 cにTi(-Li)中心、図2 dにAl中心の分布を示す。酸素空孔量は、東部で高く、中部、西部で低くなっているという傾向がある。Ge中心についてはBayin Shireで高いのを除けば、ほとんど同じで特徴がみられない。Ti(-Li)中心、Al中心は同じような傾向になっており、中部で低く、東部と西部で高くなっている。Ge中心では特徴がみられないので、以下、議論から外す。次に、Al中心とTi(-Li)中心の信号強度の相関を取ると図3 aとなった。きれいな比例関係がみられた。これは、Al中心がホール中心であり、Ti中心が電子中心であるため、ペアとなって生成するためであるという可能性が高い。従って、特徴化という意味ではどちらか一方を議論すればよい。ここでAl中心をとれば、これと酸素空孔量との関係(図3 b)のみが議論の対象として意味があることになる。

これを見ると、Yagan Khovilを除く中部のデータが左下に集まっており、右上に東部のデータが集まっていることがわかる。そして、西部のBugin Tsavの点は離れて右下に位置している。

### 3-2 Shar Tsav 堆積層について

Shar Tsavの堆積層については、*Avimimus*が産出していることから、従来ネメグト層に帰属すると考えられてきた。しかし、2019年度の地質調査により、バインシレ層から連続する岩相層序対比を確認できた。このことは、Shar Tsavに分布する上部白亜系がバインシレ層であることを確認するものではないが、その可能性を示すものとして重要である。今回の分析では、Shar Tsavの石英のESR信号では、図3 bの右上の領域、すなわちバインシレ層の領域に位置し、ネメグト層の分布するBugin Tsavの右下の点からは離れている、すなわち、Shar Tsavに分布する上部白亜系は、ネメグト層相当ではなくバインシレ層相当と解釈した方が、整合的であることがわかった。

### 3-3 モンゴルゴビ砂漠堆積層の、石英のESR信号による特徴化

図3 bに示すように、Al中心と酸素空孔量により、各地域がそれなりに特徴化できることがわかった。すなわち、Yagan Khovilを除く中部のデータが左下に、右上に東部のデータ、そして、西部のBugin Tsavの点は離れて右下に位置している。左下の中部のジャドフタ層の堆積層は風成起源のものから構成されており、他の堆積層はYagan Khovilを含めて河川起源である。このことは、これらの点の分布の差異が、起源地の差異に対応している可能性を示唆する。現時点では、その起源地が何であるかを特定することはできないが、例えば、変成岩を起源とするものと付加体を起源とするものといった差異が考えられる。この点については今後の課題である。

### 3-4 酸素空孔量の差異の原因

酸素空孔量を見ると、最も古いバインシレ層で高く、その次に古いジャドフタ層で次に高く、年代の若いネメグト層で最も低くなっている。酸素空孔量を用いた起源地の差異の議論は、その起源地における石英の結晶年代と対応することが示されることで、これが可能になっている。ここで酸素空孔量が年代と相関がある原因としては、自然放射線のうち、β線とγ線によって、石英中に酸素空孔が生成するためであると報告

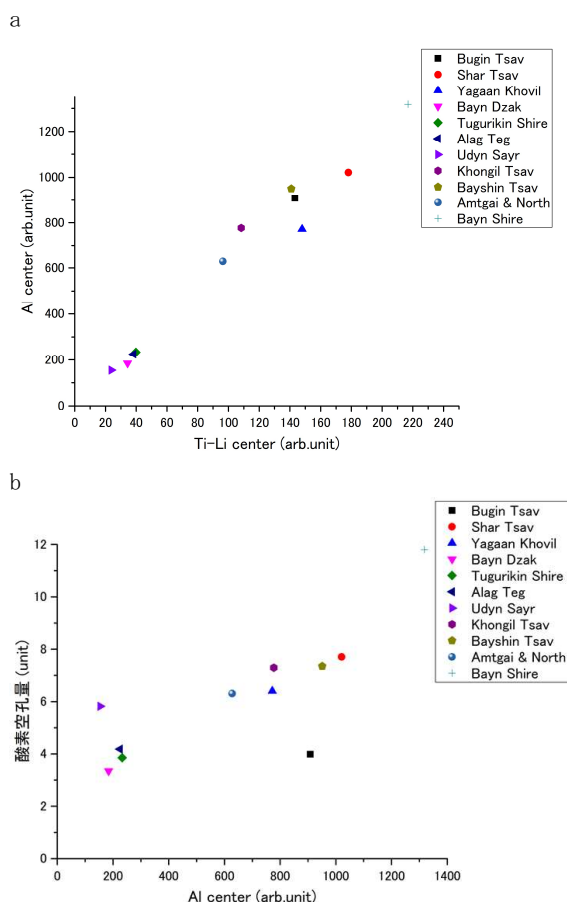


図3 信号強度間の相関。a) Al中心とTi-Li中心。b) Al中心と酸素空孔量。

されており 9)、実際に  $\gamma$  線を照射することによって石英中に酸素空孔が生成することが実験的に確認されている 10)。これまでの堆積物の起源地の議論は第四紀の堆積物に限られており、堆積後の自然放射線による酸素空孔の生成は無視することができた。しかし、ここでは、バインシレ層とネメグト層の間には、20Ma もの時間差があるため、この間に自然放射線によって酸素空孔が生成してこの差異が生じたという可能性も考えられる。そこで、Bugin Tsav の堆積物の石英に、この間の自然放射線の線量を照射することでこの差が説明できるかどうかについて検討を行った。堆積層に含まれる放射性核種である U, Th, K の含有量を測定し、年間線量率を求め、20Ma 分を計算したところ、およそ、150 kGy となった。実際にこの線量を照射してみたところ、確かに酸素空孔量は増加したが、バインシレ層とネメグト層の差の数分の 1 という小さい値であった。すなわち、この差は堆積後の年代の差ではなく、もともと堆積時に起源となる石英から引き継いだ酸素空孔量に差異があったことを示していることになる。

#### 引用文献

- 1) Toyoda S., Nagashima, K., Yamamoto, Y. (2016) ESR signals in quartz: Applications to provenance research – A review, *Quaternary International*, 397, 258-266.
- 2) Feigl, F. J, Fowler, W. B., Yip, K. L. (1974) Oxygen vacancy model for the  $E_1'$  center in  $SiO_2$ , *Solid State Communications*, 14, 225-229.
- 3) Nuttal, R. H. D., Weil, W. A. (1981) The magnetic properties of the oxygen-hole aluminum centers in crystalline  $SiO_2$ ,  $I [AlO_4]^0$ , *Canadian Journal of Physics*, 59, 1696-1708.
- 4) Isoya, J., Bowman M. K., Norris J. R., Weil, W. A. (1983) An electron spin echo envelope modulation study of lithium nuclear hyperfine and quadrupole coupling in the A(Ti-Li) center of  $\alpha$ -quartz, *Journal of Chemical Physics*, 15, 1735-1746.
- 5) Weil, J. A., Anderson, J. H. (1961) Direct field effects in electron paramagnetic resonance hyperfine spectra, *Journal of Chemical Physics*, 35, 1410-1417.
- 6) Toyoda, S., Hattori, W. (2000) Formation and decay of the  $E_1'$  center and of its precursor, *Applied Radiation and Isotopes*, 52, 1351-1356
- 7) Usami, T., Toyoda, S., Bahadur, H., Srivastava, A. K., Nishido, H. (2009) Characterization of the  $E_1'$  center in quartz: Role of aluminum hole centers and oxygen vacancies, *Physica B: Condensed Matter*, 404, 3819-3823.
- 8) Watabe, M., Tsogtbaatar, K., Suzuki, S., Saneyoshi, M. (2010) Geology of dinosaur-fossil-bearing localities (Jurassic and Cretaceous: Mesozoic) in the Gobi Desert: Results of the HMNS-MPC Joint Paleontological, *Hayashibara Museum of Natural Sciences Research Bulletin*, 3, 41-118.
- 9) 網本真奈 (2021) モンゴルゴビ砂漠の恐竜化石を産する白亜系堆積物に含まれる石英中の常磁性格子欠陥, 岡山理科大学大学院理学研究科 2020 年度修士論文
- 10) 浅井瞳 (2018) 上部白亜系 Djadokhta 層における石英粒子の ESR 特性および CL 特性, 岡山理科大学大学院生物地球学研究科 2017 年度修士論文
- 11) 仁田祐輔 (2018) 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, 岡山理科大学理学部 2017 年度卒業論文
- 12) Shuvaloh, V. B.: Mesozoic turtles of Middle and Central Asia. 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, 309–367 (2000).
- 13) Jerzykiewicz, T.: Lithostratigraphy and sedimentary settings of the Cretaceous dinosaur beds of Mongolia. In, Benton, M. J., Shinkin, M. A., Uwin, D. M. and Kurochin, E. N. eds., *The Age of Dinosaurs in Russia and Mongolia*, 279-297 (2000).

# 歯化石への LA-ICP-MS U-Pb 年代測定法の適用

青木 一勝

岡山理科大学基盤教育センター

## 1. アパタイト U-Pb 年代測定用の標準試料

本学レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析器(LA-ICP-MS)を使った年代既知アパタイト(401アパタイト; 約 530 Ma)の U-Pb 年代測定を行ない, 得られた結果の確度と測定に用いる標準試料の適正の確認を行なった. 今回の測定では  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  と  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  の標準試料として, それぞれ 306 アパタイトと NIST 612 ガラスを用いた. 縦軸を  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  値, 横軸を  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  値にとった Terra-Wasserburg (TW) 図上に測定データをプロットし, 初生鉛値を固定せず回帰線を求めた場合,  $553.6 \pm 6.7$  Ma という年代値を示した(図 1A). 一方, 初生鉛値を固定し回帰線を求めた場合は,  $538.0 \pm 8.2$  Ma という年代値が得られ, 推奨年代値と一致した(図 1B). さらに, 1 つ 1 つのデータに対して 207 鉛補正を行い, 加重平均年代を求めたところ,  $537.1 \pm 8.1$  Ma の年代値が得られ, これも推奨年代値と一致した. これらの結果は, LA-ICP-MS アパタイト U-Pb 年代測定を行う際, 306 アパタイトと NIST 612 ガラスを標準試料として使用することで確度の高い U-Pb 年代値が得られることを示す. また, TW 図上において U/Pb 比と Pb 同位体比のばらつきが小さい試料については, 初生鉛値で補正する年代計算手法が有効であることも確認できた. 測定に関するその他の詳細については, Aoki et al. (2021, *Naturalistae*, in press)を参照されたし.

## 2. タルボサウルスの歯化石のアパタイト U-Pb 年代測定

歯化石が示すアパタイト U-Pb 年代は, 化石含有層の堆積年代や古脊椎動物の大陸内・間での多様性・進化を議論する際, その年代制約条件として有用な情報になる可能性がある. これを検証するため, 上記測定手法および微量元素分析をモンゴル・ゴビ砂漠に産するタルボサウルスの歯化石 2 試料(IPG-OUS 2018.028 & IPG-OUS 2081.133)に適用した. 以下では測定結果の概要のみ記し, 議論を含むその他の詳細については, 別途学会発表や学術論文にて発表する.

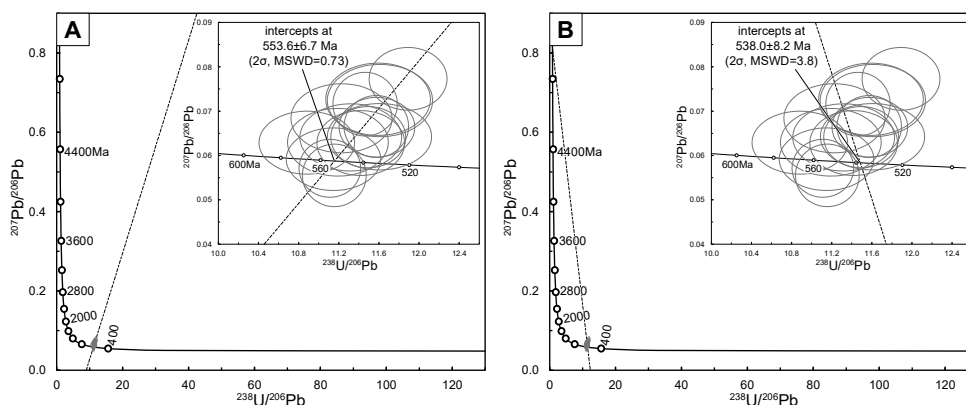


図 1. 401 apatite 年代測定結果. (A) 初生鉛値を固定しない場合 (B) 初生鉛値を固定した場合 (Aoki et al., 2021)

• IPG-OUS 2018.028

FeO の高い箇所(平均:0.46 wt%, 以下 A-B 領域)と低い箇所(平均:0.09 wt%, 以下 A-W 領域)が確認された。REE パターンに関しては, どちらの箇所も light REE は減少傾向であり, heavy REE にかけてやや上昇もしくはフラットな形状を示し, パターン自体に大きな違いはない。REE の総濃度に関しても, どちらの領域もおおよそ 5000~6300 ppm を示し, 試料内で元素の不均質は確認されない。Y 濃度についてもそれぞれ 1735~1935 ppm と 1745~2041 ppm であり領域ごとに大きな違いはない。年代測定の結果, A-B 領域から  $49.4 \pm 4.6$  Ma, A-W 領域から  $45.5 \pm 9.2$  Ma の年代値が得られ, 誤差で一致した (図 2 A & B)。

• IPG-OUS 2018.133

IPG-OUS 2018.028 と同様に FeO の高い箇所(平均:0.25 wt%, 以下 B-B 領域)と低い箇所(平均:0.10 wt%, 以下 B-W 領域)が確認された。REE パターンに関しては, どちらの箇所も light REE は減少傾向であり, heavy REE にかけてやや上昇もしくはフラットな形状を示し, パターン自体に大きな違いはない。しかし, REE の総濃度に関しては, B-B 領域では 861~1871 ppm を示すが, B-W 領域では 1785~4002 ppm を示し, 後者が高い値を示した。Y 濃度についても領域ごとに違いが確認され, B-B 領域では 338~589 ppm と B-W 領域では 819~1226 ppm であり, B-B 領域の値が相対的に低い。年代測定の結果, B-B 領域から  $66.2 \pm 2.5$  Ma, B-W 領域から  $33.6 \pm 3.4$  Ma の年代値が得られ, 誤差で有意に B-B 領域が古い年代値を示した(図 2 C & D)。

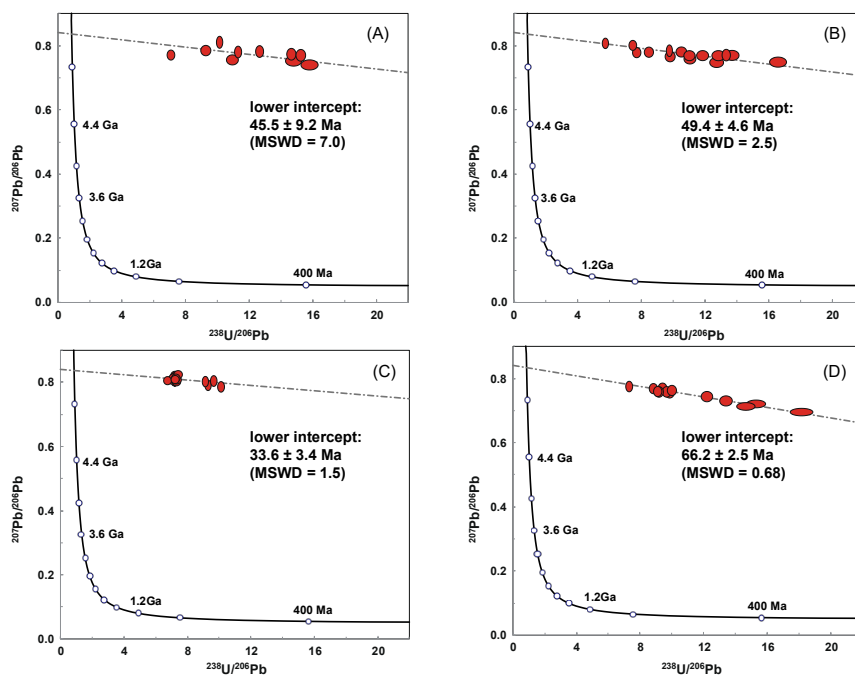


図 2. 年代測定結果. (A) A-W 領域. (B) A-B 領域. (C) B-W 領域. (D) B-B 領域.

# 四足歩行動物の陸上歩行と姿勢・歩様，集団行動の研究報告 (2020年度)

青木寛也\*・田中宏樹\*・矢野川翔太\*・石垣忍\*\*

\*岡山理科大学生物地球学部生物地球学科古生物学研究室2020年度卒論生

\*\*岡山理科大学生物地球学部生物地球学科

2020年度はコロナウイルス問題に伴う内外のフィールドワークの制約に対応し過去に取得したデータの分析，短期フィールドワークによるデータの補いを中心として以下に掲げる三件の古行動学的研究を推進した。

## 1. ウミガメ類の陸上歩様解析と古代ウミガメの歩様推定（青木・石垣）

現生ウミガメ類の水中ロコモーションは多くの研究があるが，陸上での歩様はほとんど研究されていない．本研究は，現生ウミガメの陸上での歩様解析，行跡の科学的記載を行い，この分野の研究の基礎を作ることを第一の目的，また，歩様と体重の関係について検討し，古代ウミガメの陸上歩様を推定することを第二の目的として本研究を推進した．

和歌山県南部町及び高知県室戸市においてフィールドワークを実施し，アカウミガメ 8 本，アオウミガメ 1 本の明瞭で保存状態の良い行跡の 3D レーザースキャン画像（FARO を使用）と集成写真，それぞれの印跡個体の体長データとともに取得した．また各々の種の歩行動画を取得した．

これらのデータに基づくロコモーション解析を行った結果，通常四肢同時型の歩行を行うアオウミガメが海に入る直前に体が浮力を受けて四肢への体重負荷が軽減されると斜体歩型へと歩様を変化させたこと，およびアオウミガメは幼体の時は四肢同時型ではなく，斜体歩型であることから，アオウミガメの四肢同時型歩行は系統的な背景があるのではなく，大きな体重に対応するためのものと推定される．したがって，Archelon などの巨大な古代ウミガメの陸上歩様は四肢同時型であったであろうと推定される．

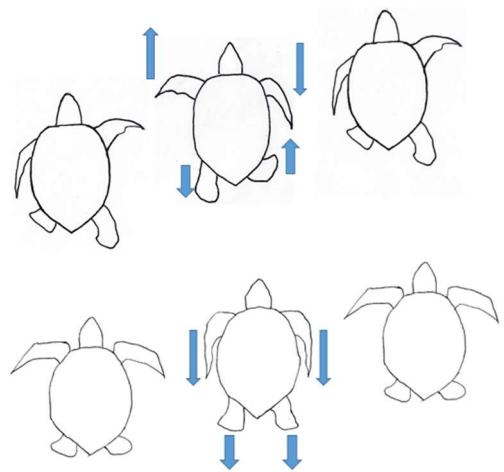


図 1. 斜体歩型(上図)と四肢同時型



図2 アカウミガメ行跡の Agisoft による合成写真(左) FARO をもちいた 3D レーザースキャン画像(右)

## 2. 現生鳥類集団行動と Shar Tsav 獣脚類集団行動データ解析 (田中・石垣)

カモ類・カワウ・エミューの集団行動データを，ドローンを使った上空からの撮影と，ビデオカメラで取得し行動解析を行った．その結果，リーダーがなく，水平面上での進行方向に対して横広がり波状隊列が頻りにみられた．これらは鳥類の目が側方にあり，また，視野の中心部を中心に水平方向の解像度がよいことと関連することと推定される．

また Shar Tsav の非鳥類型獣脚類足跡化石データ集成結果から，南部北部の両方で，小型と中型の非鳥類型獣脚類の横広がり型の集団移動が裏付けられた．



図3 カワウの集団飛行（岡山-旭川、中原橋付近）



### 3. 二足歩行恐竜の第三指が内旋する原因の解明（矢野川・石垣）

恐竜足跡化石において二足歩行を示す行跡の印跡動物は獣脚類と一部の鳥脚類のみである (e. g. Lockley 1989). これら二足歩行恐竜の行跡は, 獣脚類と鳥脚類で大きく異なる. 獣脚類では, 行跡軸に対して足印縦軸はほぼ平行か, わずかに外向きに回旋 (以下「外旋」とする) している. これに対し, 鳥脚類は足印縦軸が内側に大きく回旋 (以下「内旋」とする) している (e. g. Thulborn 1991). しかしこれらの現象の原因についての公表された研究はほとんどない. 本研究では, 鳥脚類の足部の内旋及び獣脚類の第三趾末節骨の内旋の原因について, ①それぞれの行跡記録の解析, ②現生鳥類の行跡記録解析, ③飼育下の現生鳥類の姿勢・歩様の観察の3方法によって解明することを目指した.

鳥脚類の50行跡を解析した結果, 182足印中167足印が内旋していた. 第三趾基部基準の歩角 ( $\alpha^\circ$ ) は平均  $157^\circ$ , 第三趾先端部基準の歩角 ( $\beta^\circ$ ) は平均  $166^\circ$  で, 第三趾先端部基準のほうが  $9^\circ$  大きかった.

また, 獣脚類の50行跡を解析した結果, 163足印中59足印が内旋していた. 上記  $\alpha^\circ$  は平均  $167^\circ$ , 上記  $\beta^\circ$  は平均  $170^\circ$  と第三趾先端部基準のほうが  $3^\circ$  大きかった. また足印長をもとに, 行跡を小型・中型・大型に分けて解析を行った結果, 大型の獣脚類は, 小型・中型に比べて足印縦軸が内旋する傾向を示し, さらに第三趾末節骨が内旋する足印も大型になるほど多く見られた.

現生鳥類53種の53行跡 (1種1行跡) を解析した結果, 39種で内旋歩行が確認できた (図3). また, これらの行跡の159足印中129足印が内旋し, 上記  $\alpha^\circ$  は平均  $152^\circ$ , 上記  $\beta^\circ$  は平均  $165^\circ$  と第三趾先端部基準の歩角のほうが  $13^\circ$  大きかった.

現生鳥類の歩様と体の特徴の比較観察から, 回旋角が  $0^\circ$  に近いもの, または外旋している鳥類は脚部が比較的長く, 内旋している鳥類は脚部が比較的短い傾向にあることが確認できた

以上の結果から, 鳥脚類の足先の内旋, 獣脚類に見られる第三趾末節骨の内旋は, 着地時, 離脱時に最も負荷のかかる第三趾の先端部を, 体の構造において可能な限り行跡軸に近づける方向に進化した結果と考えられる. 本現象は, できるだけ重心に近い位置で体を支え, 力学的ストレスを軽減させ, 体勢を安定させるためであると推定される.

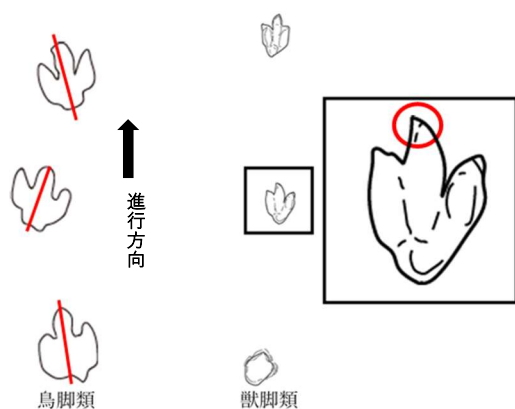


図4. 鳥脚類の内股の歩様及び第三趾末節骨が内側に向く獣脚類の典型的な例 (鳥脚類: 2018年夏調査未公表データ. 獣脚類: Ishigaki 2011)

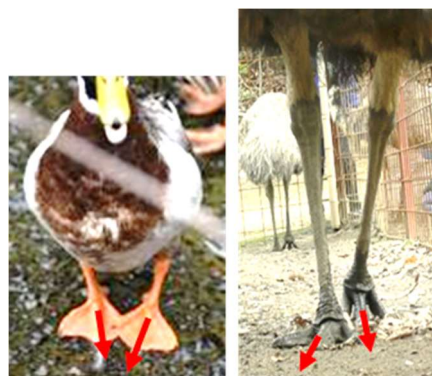


図5. 脚部の短い鳥類 (左: マガモ) と脚部の長い鳥類 (右: エミュー) の典型的な例 (左: 白鳥動物園 右: 渋川動物公園) 矢印は第三趾の方向を示す

# 岡山理科大学恐竜学博物館の展示・教育に関する研究報告 (2020年度)

門嶋陸\*・木村朝陽\*・栄田花歩\*・佐野佑\*・山本樹\*・石垣忍\*\*

\*岡山理科大学生物地球学部生物地球学科古生物学研究室2020年度卒論生

\*\*岡山理科大学生物地球学部生物地球学科

2020年度は以下の四件について博物館学的研究を行った。

## 1. ブラジル産三畳紀偽鱷類プレストスクスの復元画と展示の制作（門嶋・石垣）

博物館の古脊椎動物骨格展示について、本学古生物学研究室で過去に調査を行った際、魅力的と思える全身骨格であっても観客の注視率が低いことが明らかになった。例えばティラノサウルスの全身骨格をメイン展示とした特別展においてさえ、5秒以上骨格を熟視する人は全体の23%に過ぎないことが観察の結果からわかった。この原因として“骨格と生きている時の姿とが結びつかないため、見る意欲を維持できない”、“骨格から生きている時の姿を想起するために必要十分な情報が得られない”ということがアンケート調査からわかった。この改善策として、来館者の注視を促す展示の改善が必要である。

現在、岡山理科大学では三畳紀偽鱷類プレストスクス (*Prestosuchus*) の骨格標本の展示が行われている。当展示は骨格標本と簡単な解説のみであり、来館者の注視を促す工夫がなされているとは言い難い。また、偽鱷類は恐竜に比べ認知度が低く、更なる情報提供が必要である。

以上のことを踏まえ、本研究は、科学研究の成果を反映した復元画を作成し博物館の展示の発展と教育効果の向上に貢献することを目的とした。

発見された *Prestosuchus* の化石の記載文献調査、筋肉復元に関する文献調査、足跡化石に関する文献調査、皮骨板と色彩に関する文献調査、古環境・古気候・古植生に関する文献調査を行い復元画を制作した。

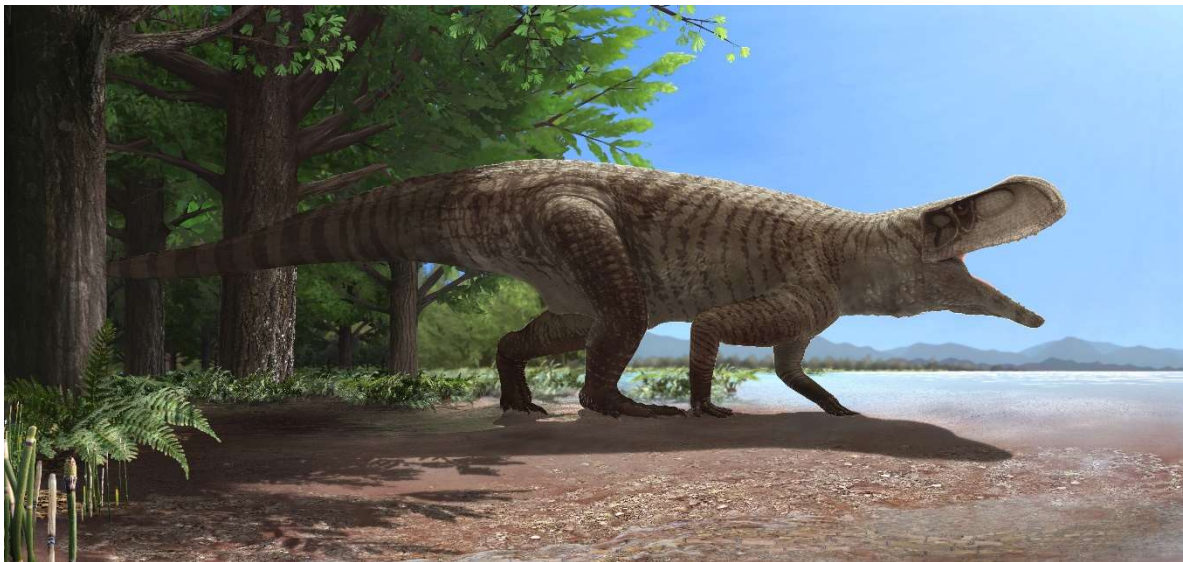


図1. プレストスクスの復元画

## 2. 小型獣脚類レプリカ骨格の塗装と組み上げ（木村、佐野、石垣）

岡山理科大学古生物学研究室では、大学博物館の骨格展示において、①簡単に部分骨格をくみ上げ骨格から取り外すことができるようにすること（授業等で部分骨格を手にとって解説することができるようにするため）②組み上げと解体が容易なこと（アウトリーチなどの教育活動に利用するため）③白色のレプリカ



の着色や、組み上げるための支持具の制作に当たっては、容易に修復できるように、手に入りやすい市販の素材を使うこと という三つの条件を満たす方法の技術開発を行ってきた。Tarbosaurus (2018年度)、Prestosuchus (2019年度) の組み上げを行う中で、以下の課題が指摘された。1) 塗装の経年劣化および耐久性の検証が不十分である。2) 可動部位を湾曲状に曲げるのが困難である。本研究はDromaeosaurus(木村)と(佐野)を対象に、経年劣化を防止し耐久性を向上させた塗装方法を開発すると共に、フレームの可動部位を増やして湾曲状に曲げられるようにすることによって、より自由度の高い骨格姿勢の復元や、展示場に合わせた姿勢の変更を可能にすることを目的とした。

塗装については、アクリル絵具を異なる色で、7層にわたる重ね塗りを行うことでより実物に近い色と質感を出すことに成功した。最初の2層はアクリル絵の具を水を使用して重ね塗りを行った。3層目から7層目は水を使用せずに塗装を行った。骨格を可動させる骨組みとしてステンレスワイヤーとアルミワイヤーを採用し、それらを組み合わせた2種類のフレームを作製した(以下これら二種を合わせて「ツイストフレーム」と呼ぶ)。標本の固定にはモビロンバンドを使用した。塗装による耐久性の向上、経年劣化の防止は約7層の重ね塗りによって対策を施した。詳細な検証は不可能であるが、接触時の耐久性の向上は確認できた。課題としては①何度も塗りなおす必要があるため作業時間が掛かる。②3層目以降水を使用していないため強くこすると塗装途中で塗膜が剥がれる可能性がある。という二点があげられる。

ワイヤー線による可動性フレームは上下左右だけではなくひねりの可動、着脱も容易であった。また加工硬化により十分な強度を保つこともできた。ただ、耐震性能は鉄骨に劣ると推定される。

### 3. ハーバリウム樹脂を用いた鳥類気囊の鋳型標本作製手法の開発(栄田・石垣)

気囊は鳥類の持つ特殊な呼吸器官である。専門書や博物館の展示では模式的な図が示されているが、実物標本としての気囊は一般的には存在しない。その理由は、気囊は呼吸に合わせて形が変化する体内の空洞で、鋳型として作成する以外可視化の方法がなく、鋳型標本作成は困難で方法が確立されていないからである。

本研究の目的は鳥類気囊の鋳型標本作製し教育貢献することである。鋳型標本の作製にあたってその手法が容易で、特別な設備を必要としない事を目指した。簡易な手法を技術開発する事により、標本の普及をはかるためである。

樹脂の作成と注入は以下の手順に則った。①ハーバリウム樹脂をA液(主液)2:B液(硬化



図2. 加工硬化により金属ワイヤーは耐久性の高い素材となり、骨格を支えることができる。



図3. 完成したドロマエオサウルス骨格(全長2.2m)。



図4. 完成したヘレラサウルス骨格(全長3m)

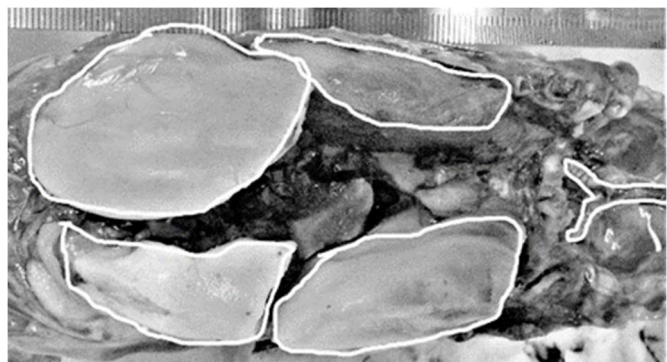


図5. 樹脂を注入し硬化させた後、胸部の皮膚と肉を外したウコッケイの腹部。白っぽく、白線で囲んだ部分が後部の気囊。

剤) 1の割合で混ぜる。②鳥の喉を切開して気管を露出させる。③露出させた気管から注射器を使って樹脂を少しずつ流し込む。④入りにくくなってきたら時間を置いて細部にいきわたらせる。③と④を繰り返す。⑤仰向けに固定して樹脂を硬化させる(約2日)。⑥通常解剖する時と同じ様に皮むき&除肉&硬化した樹脂の取り出し。

この方法で、ホオジロ *Emberiza cioides* ウコッケイ *Gallus gallus* エミュー *Dromaius novaehollandiae* それぞれ一体ずつについて試みた。

いずれも樹脂の注入は成功したが、気囊から外に流れ出して固化する(ホオジロ)、骨と分離ができない(ウコッケイ)、樹脂が足りず体の左のみに入り込む(エミュー)、流し込むのに時間がかかるなどの問題が生じた。

現状では大幅に改善の余地があり手法は未確立であるが、ラテックスやシリコンに比べて注入する際の加圧は小さく、手軽に作るができる。今後改善することによってより良い手法が確立できることと考えられる。

#### 4. 岡山理科大学構内の地層露頭と植物を用いた回遊型野外展示の構築(山本・石垣)

広島大学では大学構内に点在する屋外の自然誌・考古資料のエコミュージアム的な利用がなされており、「大学まるごと博物館」として整備され、研究教育に効果を上げている。一方、岡山理科大学構内には、古第三系津高層(山砂利層)、二畳系超丹波帯砂泥互層、岡山県万成産の花こう岩、地質時代の遺存種である植物(トクサ、イチョウ、タイサンボク、クスノキ、セコイアメスギ、メタセコイアなど)等、恐竜学博物館の野外展示として現地利用可能な展示素材が点在する。本研究では、恐竜学博物館とつないだ回遊型野外展示構想の基礎作りを目標として本研究を行った。パネルは耐久性と視認性の高いことのほかに、利用者の意見や、研究の進展に応じて展示解説の更新がしやすいパネルを意識し、パネルの素材は市販製品(工事用金属単管とその関連物品、既製品の合板など)で簡単に入手可能な材料を使って作製した。

植物6種類、地層2種類、石材1種類で計11の地点(1種類につき複数設置あり)にパネルの土台となる支柱や植物展示用スプリングを使ったパネル(植物の幹に回す)を設置した。設置した解説板はA3判のパウチした紙を使い、QRコードを利用した音声ガイドを聞けるシステムを解説の中に含めた

コロナ禍による休館のため、実際に観客を入れての利用調査は行っていないが、サテライト展示をめぐることと合わせて学内回遊型展示を構築することは恐竜学博物館のMuseum Fatigue軽減と観覧順路の案内に貢献することが推定される



図6. 岡山理科大学国内A2号館前のクスノキにつけられた立札。



図7. 生きている化石(遺存種)としてのイチョウについて解説した音声を保存しているウェブサイトには観客がスマートフォン等でこのQRコードを読むことによりアクセスできる

# モンゴル・東ゴビのバインシレ層（前期白亜紀）より発見された アドクス科カメ類化石の系統分類学的研究

高橋 亮雄

岡山理科大学生物地球学部

アドクス科 Adocidae は、アジアと北米の白亜系から古第三系より知られる淡水生潜頸カメ類の一群で、これまでに 6 属 (*Adocus* [Adocinae], *Ferganemys*, *Shachemys*, *Protoshachemys* [Shachemydinae], *Yehguia* [基盤的アドクス類], *Isanemys* [系統学的位置付けは不明]) が知られている (Tong et al., 2006; Syromyatnikova, 2011; Tong et al., 2019). アジアの白亜系からはこれらすべての属が報告されているものの、時空的な分布の中心は中央アジアであり、モンゴルからの記録はバインシレ層産のアドクス属 2 種 (アムトガイとバインツァフ産の *A. amtgai* とシンウスフドゥック産の *A. planus*) にとどまる、きわめて限定的なものであった (Syromyatnikova, 2011; Syromyatnikova et al., 2013).

ところが 2016 年および 2019 年のモンゴル科学アカデミー古生物学研究所と岡山理科大学の共同調査隊による、東ゴビ・ホンギルツァフ (Khongil Tsav locality) においてアドクス科の甲羅の一部と考えられる破片化石が発見された (図 1). この化石産地はバインシレ層で構成されているが、これまで確実な産地データを伴うアドクス類の化石は、発見されていない (Danilov et al., 2011). そこで本研究では、この化石の系統学的帰属を明らかにすることを目的として、予察的に比較検討を試みた。

検討の結果、化石にはいわゆるアドクス型の表面彫刻と浅く狭い鱗溝の存在および腹甲腹面における鱗板の被覆の欠如から、アドクス科に帰属することが明らかとなった。そこでアドクス科を対象とした詳細な比較の結果、化石は肋板骨における遠位肋端の発達が弱いこと、腹側の肋骨中央部が盛り上がり編端なこと、第 1 および第 2 肋板骨が縁鱗による被覆を欠くこと、さらに甲羅に規則的で細い表面彫刻が認められることなどの特徴が認められた。こうした形質をもとに系統解析を予察的に試みたところ、ホンギルツァフ産の化石はキルギスタンの下～中部アルピアン階 (下部白亜系最上部) より知ら

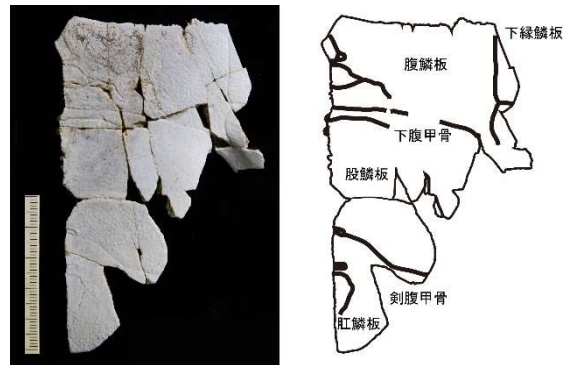


図 1. ホンギルツァフで 2016 年に発見されたアドクス科の左腹甲後葉の腹面観写真 (左) と線画 (右).

れる *Ferganemys verzilini* に近い未記載種であることが示唆された。この結果は、バインシレ層堆積期のゴビ砂漠一帯におけるアドクス科カメ類の多様性が考えられているよりも高いと、フェルガネミス属が中央アジアだけでなく、東アジアにまで広く分布していたことを示している。

## 参考文献

- Danilov, I. G., Sukhanov, V. B. and Syromyatnikova E. V., 2011: New Asiatic materials on turtles of the family Adocidae with a review of the Adocid record in Asia. *Proceedings of the Zoological Institute RAS*, vol. 315, p. 101–132.
- Syromyatnikova, E. V., 2011: Turtles of the genus *ferganemys* Nessov et Khosatzky, 1977 (Adocidae): shell morphology and phylogenetic position. *Proceedings of the Zoological Institute RAS*, vol. 315, p. 38–52.
- 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*, vol. 45, p. 155–173.
- Tong, H., Buffetaut, E. and Suteethorn, V., 2006: *Isanemys*, a new Adocid turtle from the Sao Khua Formation (Early Cretaceous) of the Khorat plateau, northeastern Thailand. *Fossil Turtle Research*, vol. 1, p. 128–137.
- Tong, H., Buffetaut, E., Suteethorn, V., Suteethorn, S., Cuny, G., Cavin, L., Deesri, U., Martin, J. E., Wongko, K., Naksri, W. and Claude, J., 2019: Phu Din Daeng, a new Early Cretaceous vertebrate locality on the Khorat Plateau, NE Thailand. *Annales de Paléontologie*, vol. 105, p. 223–237.



# ジルコン結晶形記載法を用いた珪長質深成岩類の発生と定置機構

能美洋介

岡山理科大学生物地球学部生物地球学科

珪長質深成岩類に含まれるジルコンの自形結晶の形態は、柱面と錐面の組み合わせで記述でき、柱面{100}と{110}の出現割合は結晶時のマグマの温度に関係し、錐面{101}と{211}の出現割合は化学成分に関係しているという Pupin (1980) の形成モデルがある。このモデルが正しいとすれば、ジルコンの結晶形態からそれを晶出させたマグマの時間的変化の情報を取り出すことができるかもしれない。本研究室では Pupin を作業仮説として、各地の珪長質深成岩体の結晶形のフィールドデータを収集している。2020年度は、(1) 岡山県東南部の瀬戸内市と備前市の市境にある四辻山の花崗閃緑岩体、およびその周辺に点在する石英斑岩と、(2) 岡山県北部の中和村とその近隣地域の山陰帯花崗岩類のジルコン結晶形態記載を行った。

## (1) 四辻山地域の花崗閃緑岩体、および石英斑岩類

この地域から 5 地点で岩石試料を採集し、ジルコンの自形結晶のピックアップを行った。しかし、石英斑岩類は自形のジルコン結晶粒子が少なく、意味のある記載が難しい状況だった。しかし、花崗閃緑岩体では多くのジルコンが得られた。そのジルコン結晶形記載結果を図 1 に PY-PR 図 (能美・武正, 2011) で示す。錐面指数 (PY) は 0.2~0.4 の範囲に分布し、柱面指数は、0.1~0.95 の広い範囲に分布しているが、PR が 0.6~0.9 の間に特に集中している。全体的に垂直縦長の直線的な分散形態を示すが分布の重心は図の下方にある。このことから、Pupin モデルを適用し、マグマの高温時に多くの結晶を晶出させたが、その後の化学変化が起こっていない (ゆえに花崗閃緑岩になった) と考察した。

## (2) 中和村地域の山陰帯花崗岩類

この地域から 5 か所で岩石試料を採集した。いずれの試料からも多くのジルコンが得られた。図 2 に PY-PR 図を示す。PY は 0.2~0.4 の間に分布し、PR は 0.1~0.8 の間に縦長に分布する。この範囲でほぼ均等な分散形態を示し、分布の中心は図のやや上方にあるように見える。したがって、ある程度分化が進んだマグマからジルコン結晶は晶出をはじめ、結晶晶出が低温域 (PR が小さい領域) まで比較的ゆっくりと進んだことが伺える。

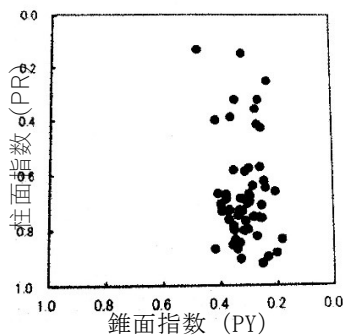


図 1 四辻山の花崗閃緑岩体

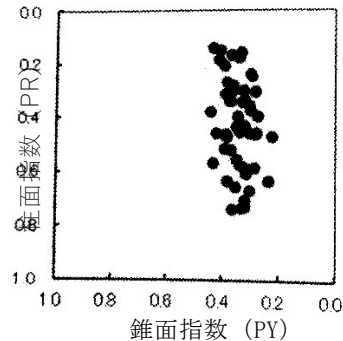


図 2 中和村地域の山陰花崗岩体

# 大型四足生物の旋回に関する力学的考察

衣笠哲也<sup>\*1</sup>, 伊藤和輝<sup>\*2</sup>, 石垣忍<sup>\*3</sup>

\*1岡山理科大学工学部機械システム工学科

\*2岡山理科大学大学院工学研究科機械システム工学専攻

\*3岡山理科大学生物地球学部生物地球学科

生物が“どのように歩行するか？”について考察する研究は生物の分野だけでなくロボットの分野でも多くなされてきた。しかし，“どのような力学に基づいて旋回するか？”という考察は少ない。例えば，四足歩行生物の旋回については，大型竜脚類の行跡化石の旋回部において，後足印が前足印より内側を踏むことで自動車の内輪差のように前肢と後肢の移動軌跡にずれ（軌道差）が生じることが知られている。この現象について，竜脚類は前肢で操舵を行うため内軌道差が生じるという自動車工学的な旋回手法に基づく考察がおこなわれている。しかしながら，竜脚類の旋回行跡に対する考察は幾何学的な解析に留まっており，生物のどのような力学的特性が旋回動作の背景にあるのか明らかでない。そこで本研究は，大型の四足歩行生物の旋回動作を解析し，そのメカニズムを明らかにすることを目的とする。今年度は，これまでに知られている竜脚類やアジアゾウの旋回行跡に対し軌道差や舵角，前後肢の操舵比を幾何学的に推定した（図1）。また，福山市立動物園の協力を得てボルネオゾウの行跡採取と解析を行った（図2）。

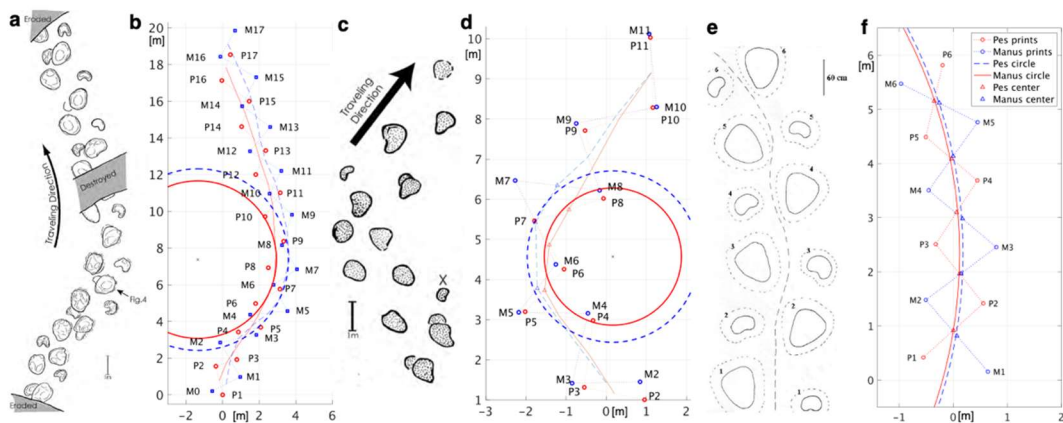


図1 竜脚類の旋回行跡と幾何学的解析

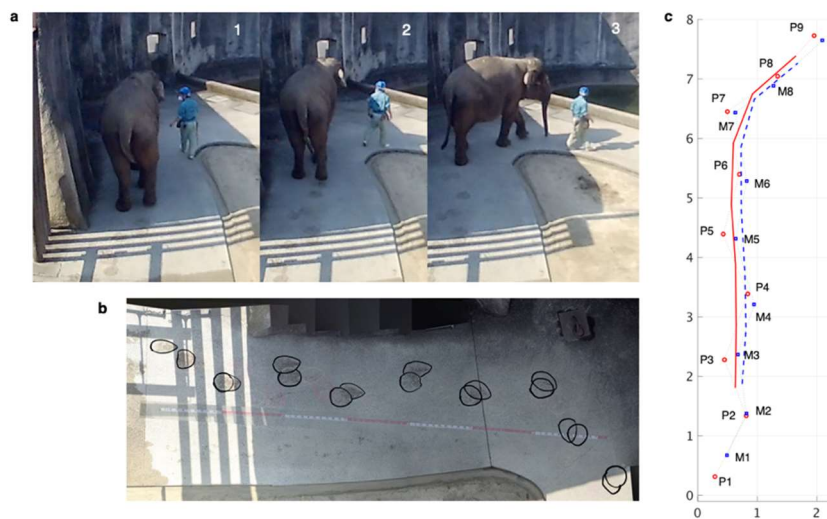


図2 福山市立動物園のボルネオゾウ，フクちゃんの行跡とその解析

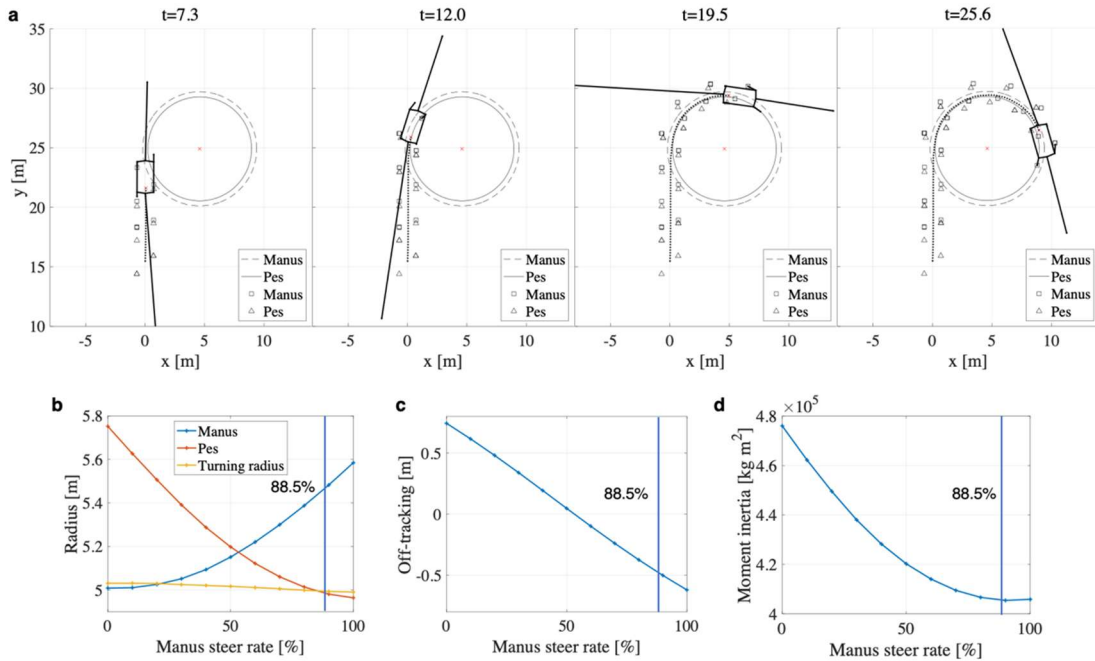


図3 動力学モデルによる竜脚類モデルの旋回動作のシミュレーション

また、2次元動力学モデルをもちいて数値シミュレーションをおこない、自動車工学的な操舵手法で軌道差を伴う旋回動作を構成可能かどうかを検証した(図3)。

最後に、旋回動作の背景にある力学について考察した。竜脚類やアジアゾウのような大型の四足歩行生物が旋回を容易にするためには、力のモーメントの観点から重心から離れた肢で操舵をするべきである。また重心から遠い肢は近い肢より荷重が小さく動かしやすいため操舵に適すると考えられる。竜脚類の重心は一般に $d_{ga}$ 間の後肢寄りに、アジアゾウは前肢寄りに位置することが知られている。また、大型の生物になるほど旋回を容易にするため重心回りの慣性モーメントを最小にするものと考えられる。旋回中心 $A$ と頭尾軸までの距離を $r$ 、重心回りの慣性モーメントを $I_G$ 、体重を $M$ とすると平衡軸の定理

$$I_A = I_G + Mr^2 \quad (1)$$

から、旋回中心の頭尾軸への投影点 $P_{tg}$ と重心位置 $P_G$ が一致する場合に $r$ が最小となり、旋回中心回りの慣性モーメント $I_A$ が最小となる。このとき、重心位置と等価である前後肢の体重を支える比(荷重比)と操舵比が逆比の関係にある。このことから、大型四足生物は荷重比の逆比を操舵比として旋回するものと考えられる。

$$\text{操舵比} = \frac{\alpha_F}{\alpha_H} = \frac{l}{\text{荷重比}} = \frac{M_H}{M_F} \quad (2)$$

旋回中心回りの慣性モーメントが最小となるとき操舵比の逆比はディプロドクスモデルで前肢対後肢が10対90、アジアゾウモデルでは60対40となる。このことから、大型四足生物は荷重比から前後肢が担う操舵比を決めることで慣性モーメントを最小化し、より容易に旋回しているものと考えられる。

**謝辞：**福山市立動物園での実験に際し協力いただいた萩原慎太郎氏をはじめとする動物園の皆様と、清水慶子先生に感謝いたします。

# 火成岩の貫入と過剰アルゴンの形成モデル

兵藤博信

岡山理科大学フロンティア理工学研究所

貫入岩の周囲でおきる冷却過程において鉱物内の元素拡散を簡単な1次元モデルを用いて数値計算を行った。特に様々な鉱物の拡散係数が求められている K-Ar 系のアルゴンに注目し、二つの鉱物が共存する場合のそれぞれの鉱物からのアルゴン放出について定性的に考察した。

母岩に二つの鉱物が共存する場合、貫入岩から放出される熱に対してそれぞれの拡散特性により同じ温度でも放出されるガス量が異なる。また鉱物の持っているガス量は有限であるので温度が非常に高い接触部付近の場合、放出によりアルゴンのリザーバーは枯渇する。つまり年代的にはリセット状態となる。一方、接触部より少し離れた領域では放出された結果生じる岩石中のアルゴン分圧の時間変化、特にピーク分圧に時間差が生じる。(図 1a, b) これらの計算は鉱物の外のアルゴン分圧が常にゼロと仮定した場合なので実際の岩石中のモード分布や岩石中のガス透過率 (permeability) によって大きく変わる。花崗岩の様に比較的低い温度でガスを放出する長石類 (図 1a) が多量に存在するのに対してそれよりもやや高い温度でしか放出しない黒雲母 (図 1b) がある場合、黒雲母の拡散係が開放に向かいかけている時に既に放出のピークを迎えた長石から出たアルゴンが鉱物外に充満しているため黒雲母の放出圧より周りのアルゴン分圧の方が勝ってしまい逆流をおこすことになると考えられる。これがいわゆる過剰アルゴンの一つの起源である。

Hart (1964) の古典的モデルでは貫入岩に近づくにつれ年代は完全リセットまたは部分リセットするという考え方が存在しなかった。このモデルの結果では古典的な完全リセットや部分リセットがおきるだけでなく、むしろ個々の地質環境に応じた岩石中鉱物の存在比、母岩のアルゴン透過率や流体の挙動により影響を受け、過剰アルゴンが形成されることを示している。

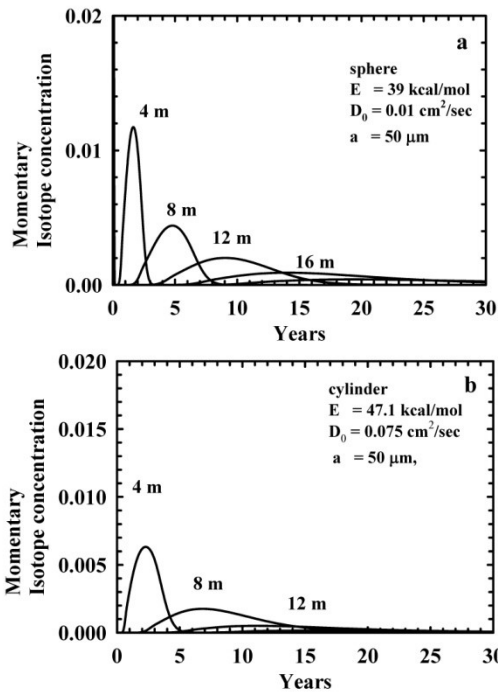


図 1a 長石を想定した等方拡散鉱物が幅 20m の岩脈からの放熱に寄り放出するアルゴンの分圧時間変化。数値は拡散の活性化エネルギー (E)、拡散係数 (D<sub>0</sub>)、拡散半径 (a) を示す。図 1b 黒雲母を想定した円柱拡散鉱物のアルゴン分圧時間変化。

# モンゴル国ゴビ砂漠上部白亜系バインシレ層より産出した

## 恐竜卵殻化石の分類学的研究

野田昌裕\*・林 昭次\*

\*岡山理科大学生物地球学部生物地球学科

### 1. はじめに

モンゴル・ゴビ砂漠の南東部に分布する上部白亜系バインシレ層は、多くの恐竜化石を産出することで知られている。特に卵化石に関してはこれまでに6種が報告されており、多様な恐竜卵殻化石が存在していた可能性が示唆されている(e.g. 渡部他 1998, 飯島他 2012)。しかしながら、先行研究の多くは予察的な報告に基づくものであり、標本の写真や記載などの詳細なデータは公表されていない。そこで本研究では、1)2017・2019年度の岡山理科大学-モンゴル科学アカデミーによる共同調査でバインシレ層から新たに発見された卵殻化石を記載し、さらに2)卵殻化石に関する先行研究をレビューすることでバインシレ層における卵殻化石の多様性について考察した。

### 2. 研究標本・手法

モンゴル・ゴビ砂漠南東部 Urtibe Khuduk から産出した卵殻化石約 650 点ならびに Bayn Shire 地域から産出した卵殻化石 32 点を用いた (図 1)。

卵殻化石の表面装飾の形態に基づき分類した後、Quinn(1994)ならびに Zelenitsky and Modesto(2003)に従って薄片を作成した。その後、偏光顕微鏡(Olympus BX60)と走査型電子顕微鏡(JXA-8230)を用いて内部微細構造を観察し、Mikhailov(1991)、Mikhailov et al.(1994)、Zelenitsky(2004)の形質に基づき、本研究標本の卵種について同定した。



図 1. バインシレ層から新たに発見された卵殻化石 スケールは15cm

### 3. 結果

2017・2019年度に発見された卵殻化石を解析した結果、以下の3種(I～III)と既存の卵種とは異なる特徴をもったタイプの卵殻化石(IV)が含まれていることが明らかとなった(図2・3)；

I. *Elongatoolithidae* indet. : 線状またはドット状の表面装飾をもち、内部構造は2層から構成され、その境界が波状である。II. *Dendroolithidae* indet. : 卵殻表面に窪みを伴い、内部構造は多孔質で、卵殻単位は不規則な形状である。III. *Prismatoolithidae* indet. : 表面装飾が未発達で枝分かれしない直線状の気孔をもつ。IV. 所属不明の卵殻化石 : IIの特徴と類似した内部構造を示すが、卵殻表面が滑らかで薄い殻をもつ。





図2 (左). 本研究によって解析された4タイプの卵殻化石

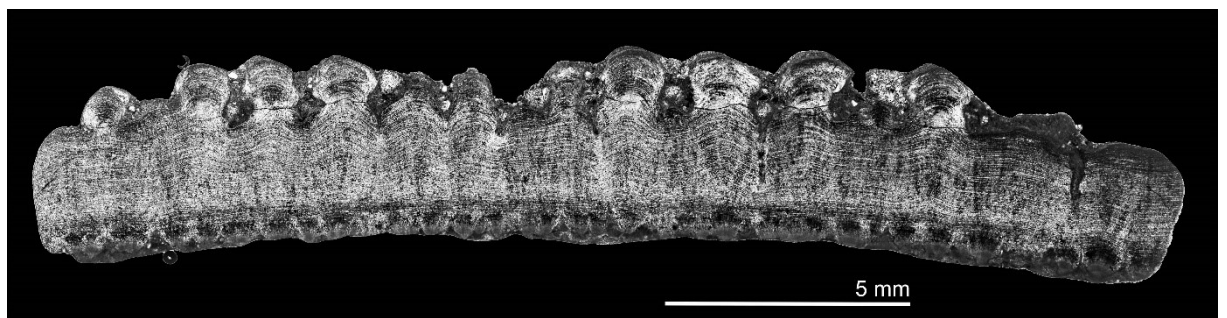


図3 (下). 卵殻化石における内部微細構造の顕微鏡写真

#### 4. 考察

本研究で解析した卵殻化石は4種がふくまれ、III. *Prismatoolithidae* indet. は本研究でバインシレ層から初めて報告される卵殻化石となった。IV. 所属不明の卵殻化石については、IIの卵殻化石のバリエーションによるものか、新種化石によるものかは今後検討する必要がある。一方、先行研究によれば、上記I~IVに加えてV. *Laevisoolithidae* indet., VI. *Ovaloolithidae* indet., VII. *Dictyoolithus* sp., VIII. *Spheroolithus* sp. の産出が本研究地域から報告されている。したがって、本研究で解析した卵殻化石を含めると、バインシレ層からは少なくとも8種の卵殻化石が産出することになる。以上の結果は、バインシレ層からオヴィラプトロサウルス類 (Iの卵殻化石)、テリジノサウルス類 (IIの卵殻化石)、ハドロサウルス類 (VIIIの卵殻化石) の体骨格化石が発見されている先行研究の結果とも整合的である。トロオドン類 (IIIの卵殻化石) の体骨格化石はこれまで本層からは知られていなかったが、今回の卵殻化石の発見によって、本種が当時この地域に生息していたことが明らかとなった。

#### 引用文献

- 1) Mikhailov, K.E. 1991. Classification of fossil eggshells of amniotic vertebrates. *Acta Palaeontologica Polonica* 36:193-238.
- 2) Mikhailov, K.E. 1997. Fossil and recent eggshell in amniotic vertebrates: fine structure, comparative morphology and classification. *Palaeontological Association*: 1-80
- 3) Quinn, B. 1994. Fossilized eggshell preparation; pp. 146-153 in P. Leiggi, and P. May (eds.), *Vertebrate paleontological techniques*. Cambridge University Press, Cambridge.
- 4) Zelenitsky, D., 2004. Description and phylogenetic implications of extant and fossil oologic remains. Ph.D. dissertation, University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada.
- 5) Zelenitsky, D.K., and S.P. Modesto. 2003. New information on the eggshell of ratites (Aves) and its phylogenetic implications. *Canadian Journal of Zoology* 81:962-970.
- 6) 飯島正也, 田村覚, 諏訪紗央理, 佐藤たまき, 渡部真人, Tsogtbaatar Khishigjav, Ariunchimeg Yarinpel. モンゴル南東部バインシレ層 (白亜紀後期) からの恐竜骨化石 (*Caenagnathoidea* indet., *Hadrosauroidae* indet.) と卵化石 (*Macroelongatoolithus* sp.) 2012. 日本古生物学会第161回例会予稿集: p52.
- 7) 渡部真人, Tsogtbaatar, Kh. モンゴル国・ゴビ砂漠東部地域、バインシレ (バインシレ層、上部白亜系) から初めて発見された恐竜卵・巣化石群 1998. 日本古生物学会1998年年会予稿集: p51.

# モンゴルゴビ砂漠に分布する古第三系 Ergilin Dzo 層に対する 古地磁気年代学的研究

坂本航汰\*・畠山唯達\*\*・実吉玄貴\*

\*岡山理科大学生物地球学部生物地球学科

\*\*岡山理科大学情報処理センター

岡山理科大学－モンゴル科学アカデミーの共同調査隊は、モンゴル国ゴビ砂漠に分布する上部白亜系や古第三系を中心に、地層から産出する脊椎動物化石（恐竜類・哺乳類）の発掘調査、堆積学的手法を用いた層序対比と古環境復元、対象層の年代測定を行ってきた<sup>1)</sup>。しかし、当時から現在まで、モンゴルゴビ砂漠は大陸内陸部に位置しているため、海成層から産出する微化石に代表される示準化石や、放射性年代測定の対象として陸成層で有用な火山砕屑物が欠如している。よって、化石産出層の絶対年代を推定することが困難であった。なかでも古第三系 Ergilin Dzo 層は、産出する哺乳類化石相から、始新世－漸新世境界を保存するとされるが<sup>2)・3)</sup>、絶対年代に代表される化石以外の年代指標は認められていない<sup>4)</sup>。本層から産出する哺乳類群は、アジア内陸部だけではなく、中国や東南アジアより産出する古第三系哺乳類化石群との比較において、極めて重要とされる<sup>5)</sup>。そのため、本層を対象に絶対年代の確立へ向けた各種分析が急務である。本年度、研究グループでは、Ergilin Dzo 地域から採取された古地磁気試料（定方位サンプル試料；泥岩）から測定用試料の作成と、高知コアセンターにおける古地磁気測定を行い、対象層の古地磁気層序の確立を試みた。

分析に用いる泥岩試料は、2010年に林原自然科学博物館－モンゴル科学アカデミーの共同調査によって Ergilin Dzo 地域の Shavag より採取され、2020年までウランバートル市の古生物学研究センターにて保管されていたものである。定方位サンプラーによって採取された11層準56試料内の33試料を分析対象とした。採取時に示された3点を水平固定し、基準となるX/Y軸を設定した上で、試料切片69個を作成し、測定に用いるサイコロ状試片63個の作成に成功した。これらの試片を高知大学コアセンターの古地磁気・岩石磁気実験室に設置される各種機器を用いて、13～14ステップ（0～680℃まで）の段階熱消磁を行いながら、超電導磁力計で磁化を測

定した。測定の結果、PM10からは明瞭な逆帯磁を得られ、不明瞭なもののPM1とPM9から逆帯磁、PM6からは正帯磁を得られた。結果をErgilin Dzo層内の岩相層序へ対比すると、これまで想定されてきた始新世－漸新世境界<sup>4)</sup>が、今回得られた古地磁気層序学的な解釈と矛盾しないことを示唆した。今後、各試片における磁性の確定や、さらなる試片づくりをすすめ、対象層の古地磁気層序確立を目指す。これにあわせて、2019年に採取した炭酸塩岩<sup>1)</sup>を用いて、U-Pb年代測定に関する検討もあわせてすすめる予定である。

## 参考文献

- 1) Ishigaki, S., Tsogtbaatar, Kh., Tsujigiwa, H., Mainbayar, Bu., Takahashi, A., Aoki, K., Aoki, S., Buyanteghe, Ba., Bayambaa, Pu., Bayadorj, Ch., Balgan, Ot., Saneyoshi, M., Hayashi, S., Chiba, K.: Report of the Okayama University of Science-Mongolian Institute of Paleontology Joint Expedition in 2019. *Bulletin of Institute of Frontier Science & Technology*, 1, 1-5 (2018).
- 2) Dashzeveg, D.: Hyracodontids and rhinocerotids (Mammalia, Perissodactyla, Rhinocerotidae) from the Paleogene of Mongolia. *Palaeovertebrata*, vol. 21, p. 1-84 (1991).
- 3) Dashzeveg, D.: Asynchronism of the main mammalian faunal events near the Eocene-Oligocene boundary. *Tertiary Research*, vol. 14, p. 141-149 (1993).
- 4) Saneyoshi, M., Tsubamoto, T., Watabe, M., Tsogtbaatar, Kh.: Lithostratigraphic and sedimentological analysis of the upper Eocene Ergilin Dzo Formation of Ergilin Dzo locality, Mongolia. *Hayashiabra Museum of Natural Sciences Research Bulletin*, 3, 149-153 (2010).
- 5) Russell, D. E. and Zhai, R.: The Paleogene of Asia: mammals and stratigraphy. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Série C, Sciences de la Terre*, vol. 52, p. 1-488 (1987).

# モンゴル国ゴビ砂漠上部白亜系Bayn Shire層から産出した 哺乳類化石の分類学的研究

大越 司・千葉 謙太郎・實吉 玄貴・高橋 亮雄

岡山理科大学生物地球学部生物地球学科

## 1. 背景

モンゴル国ゴビ砂漠中西部に分布する上部白亜系Djadokhta層とNemegt層からは全身骨格を含む非常に保存状態の良い哺乳類化石が多数報告されており、白亜紀哺乳類の進化史を理解するうえで重要な役割を果たしてきた (Kielan-Jaworowska et al. 2004) . 一方で、上記2層の下位にあたるBayn Shire層からは、後獣類*Tsagandelta dashzevegi*の一標本が報告されているのみであった (Rougier et al. 2015) . 本研究では、2019年のモンゴル科学アカデミー古生物学研究所－岡山理科大学共同調査で同層から新たに発見された哺乳類化石の分類学的検討を行う。

## 2. 試料

本研究で検討を行う標本 (IPG-0US1908-165) は、モンゴル国ゴビ砂漠東部Bayn Shireに分布するBayn Shire層から産出した哺乳類の右側下顎の部分標本である。

## 3. 方法

本標本の観察に基づき記載を行い、Archibald and Averianov (2012) のデータマトリクスを用いて系統解析ソフトPAUPによる解析を行った。

## 4. 結果

本標本は、下顎の前後端を欠くものの、小白歯の一部と完全な大白歯3本を保存している。大白歯の数から、真獣類であると考えられる。大白歯のプロトコニッドがメタコニッドの高さが同程度であることや、エントコニッドとハイポコニッドが近接するという特徴などから、本標本はZhelestidae に属するものと考えられ、系統解析でもこの見解が支持された。

## 4. 考察

本標本の形質の組み合わせは、他のどのZhelestidaeにも見られないため、新種である可能性が高い。Zhelestidaeは北米とユーラシア大陸の幅広い地域から産出が報告されているが、モンゴル国からは初の報告となる。先行研究では、多丘歯類との競合や環境による要因でモンゴルにはZhelestidaeが生息していなかったと考えられていた (Averianov and Sue, 2012) が、本研究により少なくとも後期白亜紀前期には生息していたことが明らかとなった。

## 参考文献

- Archibald, J. D., & Averianov, A. (2012). Phylogenetic analysis, taxonomic revision, and dental ontogeny of the Cretaceous Zhelestidae (Mammalia: Eutheria). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 164(2), 361–426.
- Averianov, A., & Sues, H. (2012). Correlation of Late Cretaceous continental vertebrate assemblages in Middle and Central Asia. *Journal of Stratigraphy*, 36(2), 462–485.
- Kielan-Jaworowska, Z., Cifelli, R. L., & Luo, Z.-X. (2004). *Mammals from the Age of Dinosaurs*. Columbia University Press.
- Kielan-Jaworowska, Z., Cifelli, R. L., & Luo, Z.-X. (2004). *Mammals from the Age of Dinosaurs*. 630 pp. Columbia University Press.
- Rougier, G. W., Davis, B. M., & Novacek, M. J. (2015). A deltatheroidan mammal from the Upper Cretaceous Baynshiree Formation, eastern Mongolia. *Cretaceous Research*, 52, 167–177. <http://doi.org/10.1016/j.cretres.2014.09.009>

# Taxonomic examination of a mammal specimen from the Late Cretaceous Bayn Shire Formation in Mongolia

Tsukasa Okoshi, Kentaro Chiba, Mototaka Saneyoshi

and Akio Takahashi

*Department of Biosphere-Geosphere Science, Faculty of Biosphere-Geosphere Science,  
1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan*

We described the mammal specimen that was found from the Bayn Shire Formation, Bayn Shire, Mongolia, during the Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences and Okayama University of Science Joint Expedition in 2019. The specimen is composed of a mandibular body lacking the anterior and posterior portion with partial p5 and complete m1–3. Based on the number of molars, this specimen appears to belong to Eutheria. Phylogenetic analysis based on the data matrix focused on Cretaceous eutherians revealed that this specimen is included in the clade of Zhelestinae, Zhelestidae. The members of Zhelestidae widely distributed in Eurasia and North America, but have never been reported from Mongolian strata. Previous studies suggested that the lack of Zhelestidae in Mongolian strata could be caused by the paleoenvironmental differences between Mongolian strata and the contemporaneous ones in Eurasia and North America, or competitions with multituberculates. However, this study indicates that zhelestids lived in the Late Cretaceous Mongolia.

**Keywords:** Cretaceous; Bayn Shire Formation; Eutheria.

# モンゴル国産恐竜化石からの有機物検出

辻極 秀次・小平 将大\*・稲葉 勇人\*\*・千葉 謙太郎\*\*\* 實吉 玄貴\*\*\*

岡山理科大学理学部臨床生命科学科

\*岡山理科大学大学院理学研究科博士課程材質理学専攻

\*\*岡山理科大学大学院生物地球科学研究科修士課程生物地球科学専攻

\*\*\*岡山理科大学生物地球学部生物地球学科

## 1. 緒言

近年の化石に関する研究では、化石に含まれる有機物を対象として分子生物学的な解析が試みられており様々な研究報告がされている。しかし古い年代の化石では、組織中に含まれる有機物は分解、他の成分に置換していることが多く、また有機物が残存していたとしてもその含有量は僅かであり解析は非常に困難である。そこで本研究では、保存状態が世界的にも良好とされているモンゴル国から産出した約 7000 万年前の恐竜化石を用いてタンパク質抽出および糖類の検出を行い、恐竜化石における分子生物学的解析法の有効性について検討した。

恐竜化石からのタンパク質抽出に関する研究では、昨年度の研究において、化石試料から非脱灰抽出法により抽出したサンプルから、タンパク質のバンドを検出した。しかし検出されたバンドは、その後の解析によりヒト由来のケラチンタンパク質の混入であり、化石由来のタンパク質は含まれていないことが判明している。本年度研究では、化石試料を用いたタンパク質の抽出方法の再検討を行い、脱灰酵素処理法を用いてタンパク質の抽出を行った。

恐竜化石からの特殊染色法を用いた多糖類検出では、多糖類の簡便な検出方法の開発のため、現生鳥類の骨組織を用いて脱灰標本および非脱灰標本を作成、特殊染色による染色性の違いについて観察、恐竜化石から多糖類検出が可能であるか検討を行った。

## 2. 実験材料及び実験方法

### 2-1 化石試料からのタンパク質抽出

モンゴル国の Nemegt 層（約 7000 万年前）と Djadokhta 層（約 7000 万年前）から産出した恐竜類化石 1 標本、Baynshire 層（約 1 億-8500 万年前）から産出したカメ類化石 1 標本を実験に用いた。またネガティブコントロールとして同化石周囲または同層準の堆積物、ポジティブコントロールとして現生生物であるラットの大腿骨を実験に用いた。化石

は試料の汚染を防ぐため、ダイヤモンドバーを用いて化石表面の汚染面を除去、超音波による洗浄を行った後、クライオプレスを用いて凍結破碎した。粉碎した試料は塩酸にて脱灰後、酵素処理によりタンパク質を溶出、抽出精製の後、SDS-PAGE により展開、銀染色によりタンパク質のバンドを検出した。

### 2-2 特殊染色法を用いた多糖類検出

研究材料として、ニワトリの大腿骨（66週齢）と上腕骨（約8週）を用いた。すべての標本は、10%ホルマリン中性緩衝溶液で固定した。脱灰標本に関しては、大腿骨および上腕骨を10%ギ酸にて約1週間脱灰後、定法にてパラフィンブロックを作成、5 $\mu$ mの薄切切片を作製した。非脱灰標本の作製は、クロロホルムを用いて脱脂をした後、脱水、エポキシ樹脂にて包埋後、厚さ70-100  $\mu$ mまで研磨、切片を作製した。脱灰標本、非脱灰標本共に、ヘマトキシリン・エオジン（HE）染色および特殊染色としてPAS染色、アルシアンブルー染色、サフラニンO染色を行い、組織学的に観察、各特殊染色の染色性について比較検討を行った。

## 3. 結果

### 3-1 化石試料からのタンパク質抽出

電気泳動の結果、すべての化石試料に共通して分子量100-150 kDa間に複数のタンパク質のバンドが確認された。カメ類化石では分子量250 kDa以上にスミア状のバンドが複数確認できた。堆積物からは分子量100-150 kDa付近にバンドは確認されず、ケラチンタンパク質のバンドも確認されなかった。なお分子量50 kDa以下に観察される多数のバンドは、化石の処理に用いた酵素由来のタンパク質が分解した物であると考えられた（Fig.1.）。ポジティブコントロールとして用いたラット骨から抽出された試料からは、分子量100-150 kDa間に複数のタンパク質バンドが認められ、化石試料から検出されたバンドとほぼ同様の分子量を示すバンドも確認された。化石試料と同じ位置に認められたラット由来のバンドを質量分析により解析、データベース検索したとこ

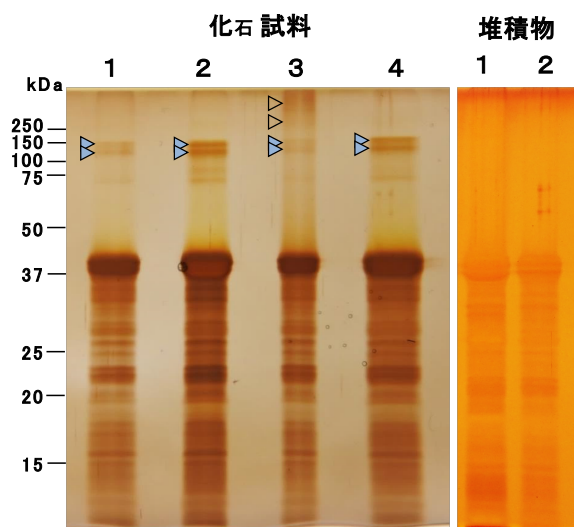


Fig. 1: 化石試料1. 恐竜の歯、2. カメ、3. 恐竜の骨4. 恐竜の歯、堆積物1、2

ろ、ラットI型コラーゲン $\alpha$ 鎖の質量情報と一致した。

### 3-2 特殊染色法を用いた多糖類検出

脱灰染色と非脱灰染色の染色性について比較したところ、HE染色では非脱灰標本において試料の包埋に用いたエポキシ樹脂が染色され、骨組織の観察が困難であった。特殊染色であるサフランin O、PAS、アルシアンブルー染色においては、脱灰標本、非脱灰標本共に、海綿骨に残存する軟骨基質に対して特異的な陽性所見が認められ、詳細な組織観察も可能であった。(Fig. 2.)。しかし上腕骨(約8週)非脱灰標本の特殊染色では、関節軟骨において明瞭な染色性が得られなかった。

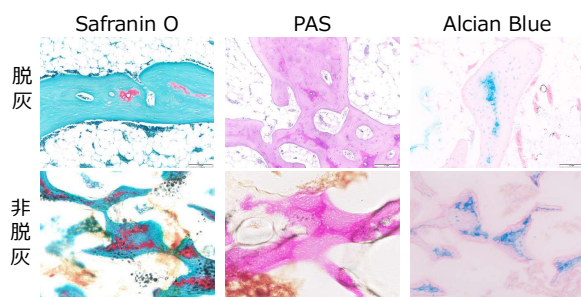


Fig. 2: 骨組織の特殊染色結果

## 4. 考察とまとめ

### 4-1 化石試料からのタンパク質抽出

恐竜化石からのタンパク質抽出で用いた脱灰酵素処理法では、全ての化石試料において分子量100-

150 kDa間に複数のバンドが確認できた。検出されたタンパク質は、その分子量からI型コラーゲンの可能性が考えられた。また堆積物と使用した酵素に、化石試料で認められたタンパク質のバンドは確認されなかった。以上のことから今回検出されたタンパク質は恐竜化石由来である可能性が高いと考えられた。今後、恐竜化石から得られたタンパク質バンドに関して、質量分析による解析を行う予定である。

### 4-2 特殊染色法を用いた多糖類検出

特殊染色法を用いた多糖類検出では、脱灰標本および非脱灰標本共に海綿骨に残存した軟骨基質に陽性所見が得られた。今回の結果から、非脱灰標本から多糖類を検出する目的においてはサフランin O、PAS、アルシアンブルーの特殊染色法が有効であることを示しており、化石標本に対しても同様の結果が得られる可能性が高いと考えられた。しかし上腕骨(約8週)非脱灰標本では期待された染色結果が得られなかったことから、試料に応じた標本の作製方法、成長段階や骨組織の部位による染色性の違いなど、さらなる検討を行う必要があると考えられた。

## 参考文献

- 1) M. H. Schweitzer, *et al.* Biomolecular Characterization and Protein Sequences of the Campanian Hadrosaur *B. canadensis*. 2009. *Science*. 324 : 626-631.
- 2) 服部 俊治, 動物由来線維分子コラーゲンの性質と応用. 2009. 繊維学会誌. 65 : 453-461.
- 3) C. Barreto, *et al.* Evidence of the Growth Plate and the Growth of Long Bones in Juvenile Dinosaurs. 1993. *Science*. 262 : 2020-2023.
- 4) A. Riquès, Cyclical growth in the long limb bones of a sauropod dinosaur. 1983. *Acta Palaeontologica Polonica*. 28 : 225-232.

# ジャワ島の上部更新統より発見されたマレーハコガメ（イシガメ科） の化石とその動物地理学および考古動物学的意義

高橋 亮雄

岡山理科大学生物地球学部

マレーハコガメ *Cuora amboinensis* (カメ目イシガメ科) は、腹甲に可動性のヒンジを持つ中型の淡水生カメ類の一種で、4 亜種 (アンボイナハコガメ *C. a. amboinensis* [モルッカ諸島, スラウェシ島およびスル諸島を除くフィリピンに分布]; ジャワハコガメ *C. a. couro* [スマトラ島, ジャワ島, 小スンダ列島に分布]; シヤムハコガメ *C. a. kamaroma* [インド, バングラディシュ, インドシナ半島, マレー半島, ニコバル諸島に分布]; ビルマハコガメ *C. a. liniata* [ミャンマーに分布]) が認められている (Schoppe and Das, 2011). この分類は一般的に受け入れられているものの, ジャワハコガメとビルマハコガメについては, その分布と形態的特徴より亜種とする妥当性について懐疑的な見方もある (Ernst et al., 2016). とくにシヤムハコガメは, 在来のアンボイナハコガメと, 海流分散もしくは人為移入に由来したシヤムハコガメとの間の亜種間雑種とする見方が示されていた. しかしながら, この説は不十分な標本数と不適切な統計的ないし形態的解析の結果に基づくものであったため, 検証が望まれてきた.

こうした背景のもと, ジャワ島東ジャワ州のワジャック遺跡における発掘調査において, イシガメ科カメ類の右下腹甲骨化石 (WJ15/F122; パンドン地質博物館に収蔵) が発見された (図 1). この遺跡の年代は, 従来の研究では後期更新世もしくは中期完新世と定まっていなかったが, 最近のウラン系列年代測定の結果により, 現在では後期更新世に帰属すると考えられている (Storm et al., 2013).

本研究においてインドネシアの第四系より知られる淡水カメ類と詳細な比較を行った結果, 当該化石はマレーハコガメに同定された. 本種の骨遺存体はジャワ島からはこれまで報告されていなかったため, この標本は同島における最初の化石記録となる. この島の完新世の人類遺跡からは犬やネコなどが報告されているが, ワジャック遺跡からは家畜の遺存体は発見されていない (Storm, 1995; Storm et al., 2013). このことと今回の

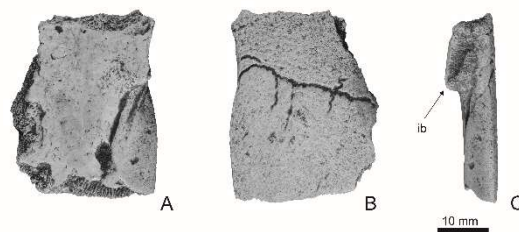


図 1. ワジャック遺跡から発見されたマレーハコガメの右下腹甲骨化石 (Setiyabudi et al., 2021 より引用). A, 背面観; B, 腹面観; C, 右側面観.

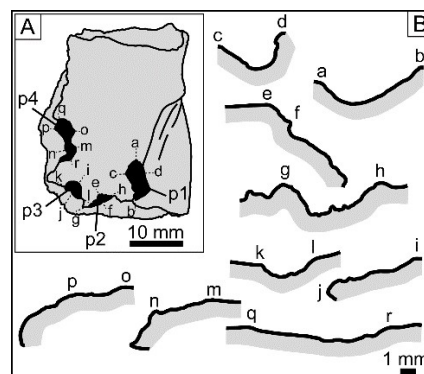


図 2. ワジャック遺跡から発見されたマレーハコガメの右下腹甲骨化石 (A: 背面観) に認められる打撃痕 (B). a-r は各打撃痕の断面を示す (Setiyabudi et al., 2021 より引用).

発見から, ジャワ島のマレーハコガメ (亜種ジャワハコガメ) は比較的最近の人為による移入に由来するものではなく, 少なくとも後期更新世に在来分布していたことが強く示唆された.

化石の背側には, 少なくとも 4 カ所に明瞭な人為に由来すると考えられる打撃痕が確認された (図 2). ワジャック遺跡からは, 形は単純であるものの石灰岩より作られた石器が 2 点, 発見されている (Storm,

1992). 状況証拠ではあるものの、こうした石器の産出とあわせると、化石に認められた打撃痕はワジャック人が石器を用いてつけたことが推定される。磨いた痕跡などは見られないことから、今回発見された骨遺存体は加工品とは考えにくい (Claude et al., 2019)。これらのことから、ワジャック人はマレーハコガメを食料として用いていたと考えられる。

今回の研究成果は、JSPS 科研費 15K07202 および 20K06802 の助成を受け、インドネシアの研究者との共同研究で得られたもので、詳細については Setiyabudi et al. (2021) で述べられている。残念ながら、今回の化石からジャワハコガメが、アンボイナハコガメとシヤムハコガメの交雑に由来する集団であるという仮説についての検証材料は得られなかった。今後、ジャワハコガメの起源および分類学的妥当性の検証のため、化石を豊富に産するこの島の中・下部更新統からの本種化石の発見が強く望まれる。

#### 参考文献

Claude, J., Auetrakulvit, P., Naksri, W., Bochaton, C., Zeitoun, V. and Tong, H., 2019: The recent fossil turtle record of the central plain of Thailand reveals local extinctions. *Annales de Paléontologie*, vol. 105, p. 305–315.

Ernst, C. H., Laemmerzahl, A. F. and Lovich, J. E., 2016: A morphological review of subspecies of the Asian box turtle, *Cuora amboinensis* (Testudines, Geomydidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, vol. 129, p. 144–156.

Schoppe, S. and Das, I., 2011: *Cuora amboinensis* (Riche in Daudin 1801) - Southeast Asian box turtle. In, Rhodin, A. G. J., Pritchard, P. C. H., van Dijk, P. P., Saumure, R. A., Buhlmann, K. A., Iverson, J. B. and Mittermeier, R. A. eds., *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*, p. 053.1–053.13. *Chelonian Research Monographs*, no. 5. Chelonian Research Foundation, Lunenburg and Turtle Conservancy, Ojai.

Setiyabudi, E., Kurniawan, I., Insani, H., and Takahashi, A., 2021: Late Pleistocene fossil record of *Cuora amboinensis* (Testudines: Geomydidae) from the Wajak site, East Java, Indonesia, and its paleozoogeographic and archeozoological implications. *Paleontological Research*, vol. 25, p. 25–31.

Storm, P., 1992: Two microliths from Javanese Wadjak man. *Journal of the Anthropological Society of Nippon*, vol. 100, p. 19–203.

Storm, P., 1995: The evolutionary significance of the Wajak skulls. *Scripta Geologica*, vol. 110, p. 1–247.

Storm, P., Wood, R., Stringer, C., Bartsiakas, A., de Vos, J., Aubert, M., Kinsley, L., and Grün, R., 2013: U-series and radiocarbon analyses of human and faunal remains from Wajak, Indonesia. *Journal of Human Evolution*, vol. 64, p. 356–365.



# 大型哺乳類における島嶼小型化の生態学的メカニズムとプロセスの解明

林 昭次\*

\*岡山理科大学生物地球学部生物地球学科

\*本研究は東京大学・国立科学博物館・チューリッヒ大学・大阪市立自然史博物館・大阪大学・琉球大学との共同研究として実施された。詳細は次のサイトを参照 <https://biorxiv.org/cgi/content/short/2020.12.23.424186v1>

## 1. はじめに

島嶼環境では大型陸生哺乳類は小型化するだけでなく、行動様式、頭蓋形態、代謝機構、生活史特性などが変化することが知られている(e.g., Kohler & Moya-Sola 2009)。こうした変化は、捕食者の不在により高密度化し、利用可能な餌資源量が制限され生じたと考えられているが、島嶼環境に生息する陸上大型哺乳類すべてに上述した変化が起こるわけではなく(Kolb et al. 2015)、それらの変化の有無を分ける要因については明らかではない。哺乳類の島嶼進化を明らかにする上で、面積や環境、隔離年代が異なる複数の島に生息するような同一種や近縁種を比較することができれば、島嶼化の背景にある環境要因や生理学的応答について解明することが可能である。特に日本のシカ類はさまざまな大きさ・環境の島に生息している。そのため、これらを材料とし、成長様式や人口学的特性を骨標本から解明することができれば、大型哺乳類の生態学的変化がどのような島嶼の生息地環境や隔離年代と関連しているかを解析することができる。そこで本研究では日本の様々な絶滅・現生シカ類の生態を比較することで「哺乳類の島嶼化の背景にはいかなる生態学的なメカニズムとプロセスが存在するのか」を考察した。

## 2. 研究標本・手法

本研究では以下のシカ族ならびにホエジカ族を用いて研究を行った。注：\*は絶滅種を示す。

シカ族 (Cervini)：ヤベオオツノジカ\*・ニホンジカ(エゾジカ・ホンシュウジカ・ヤクシカ・ケラマジカ)・リュウキュウジカ\*を研究対象とした。ケラマジカ(400年前に移入)・ヤクシカ(1万年前に九州から侵入)・リュウキュウジカ(100万年以上隔離)の成長・生存曲線を作成し、本州・北海道の種・集団と比較することで、隔離期間に伴う成長と生活史にどのような変化があるかを解析した。

ホエジカ族 (Muntiacini)：キョン・リュウキュウムカシキョン\*を用いた。キョンは1970年代に大陸から人為的に持ち込まれた外来種である。一方、リュウキュウムカシキョンは100万年以上の間、他地域から隔離されていた種である。

## 3. 研究方法

研究は以下の手順・方法で行った(図1)：①現生種の年齢を切歯の歯根に保存されているセメント年輪および歯牙の萌出・交換状態から年齢査定した。絶滅種は研究に利用できる標本が四肢骨しかないため、②現生種で四肢骨(大腿骨・脛骨)の薄片を作成し、骨組織中の成長停止線(LAG)の本数が②で求められた年齢データと合致するか確認した。成長に伴う髄腔の拡大でLAGの一部が消失していた個体はCooper et al. (2008)の手法に基づきLAGの総本数を復元した。③絶滅種の四肢骨の薄片を作成し、LAGの数から②と同じ方法で年齢査定を行った。④LAGはその時点での骨の外径に一致しているため、LAGにおける骨の径を計測すれば、径と体重の関係式からLAG形成時点での体重を推定できる。現生偶蹄類で求められている骨の径-体重の回帰式(Scott 1990)から、薄片を作製した各標本について、LAGでの体重を推定した。⑤年齢と推定体重から成長曲線を作成し、それぞれの分類群の成長様式を復元・比較した。⑥Caughley (1977)の手法に基づき、年齢データから生存曲線を作成し、島嶼性シカ類の生活史を考察した。⑦最後に生息地環境や生態データ・先行研究から、⑤と⑥の結果が生息面積、植性、地理的隔離の期間、捕食圧、系統のどの要因に強く影響を受けているかを考察し、島嶼性シカ類の小型化の要因・適応進化の解明を行った。

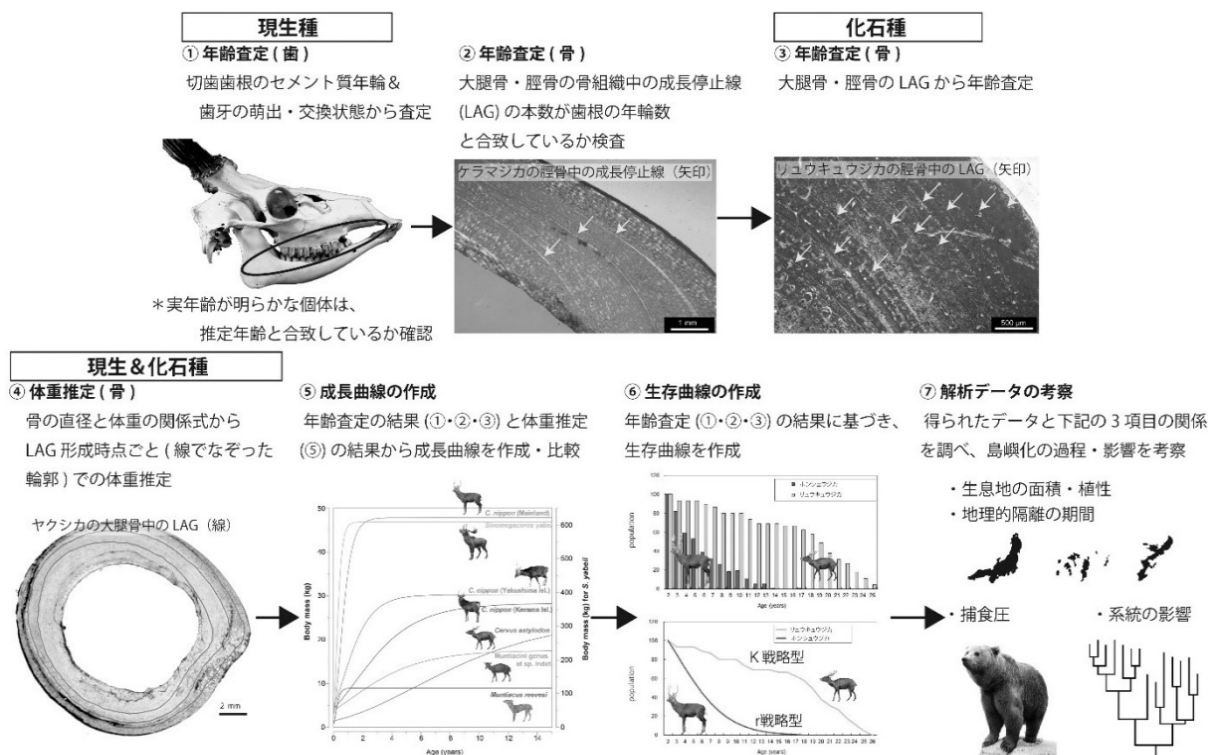


図 1. 本研究の流れ

#### 4. 結果と考察

本研究の結果、以下の新たな新知見を得ることができた：

##### < 1. 骨組織の多様性 >

本州・北海道のシカ類は大陸種と変わらず (Calderon et al. 2019)、最内層の LAG 間の間隔が広く、成長が速い哺乳類の骨で形成される組織 (fibro-lamellar bone) が観察された。一方、沖縄の絶滅種リュウキュウジカ・ムカシキョンは、幼体であっても、最内層の LAG の間隔が狭く、爬虫類などの骨の成長速度が遅い動物に形成される parallel-fibered bone が観察された。最も大きな成体では、成長に伴う、髓腔の拡大とリモデリングによって、幼体からの骨組織がすべて保存されていないに関わらず、リュウキュウジカにおいては少なくとも 12 本もの LAG の発達が認められた。多数の LAG の発達はリュウキュウジカ・ムカシキョンが長寿であったことを示唆し、歯の摩耗に基づく年齢査定 (Kubo et al. 2011) とも整合的である。ヤクシカ・ケラマジカに関しては、本州・北海道に生息するシカ類と沖縄の絶滅シカ類の骨組織に見られる中間的な特徴を示し、fibro-lamellar bone と parallel-fibered bone が混在し、LAG の間隔も本州・北海道のシカ類よりも密になって発達する傾向にあった (図 2)。これらの結果から同種もしくは近縁種のシカ類であっても生息している環境によって骨成長の速度に変化・多様化が起こることが明らかとなった。

##### < 2. 隔離期間・生息地の面積に伴う成長様式の変化 >

生息地・隔離期間の異なるシカごとの成長様式の復元・比較を行った。その結果、本州・北海道の個体群と比べて、島の面積が小さく大陸や本州・北海道との隔離期間が長いシカ類のほうが成長速度や繁殖時期が遅くなっていることが明らかになった。特にリュウキュウジカ・ムカシキョンは近縁種に比べて、極端に成長速度が遅く、繁殖時期も他のシカ類に比べて遅くなっている可能性が高いことが示唆された。この結果は骨組織観察の結果とも整合的である。生存曲線を作成したところ、ホンシュウジカ・エゾジカは初期死亡率が高い R 戦略型の生存曲線を示すのに対して、リュウキュウジカ・ムカシキョンは老齢個体まで死亡率が低下しない K 戦略型の生存曲線へと変化していた。以上の結果から、捕食者のいない島嶼環境下に生息していたリュウキュウジカ・ムカシキョンは、成長が遅いが、死亡率も低いため長寿命を達成していた可能性がある。その背景には、捕食者に対抗するために急激に大型化する必要がないことや、あるいは高密度下で栄養摂取が制限されていたなどの要因があったかもしれない。またケラマジカやヤクシカは成長・生存曲線ともに本州・北海道のシカ類とリュウキュウジカ・ムカシキョンの中間段階を示した。従って、これらの個

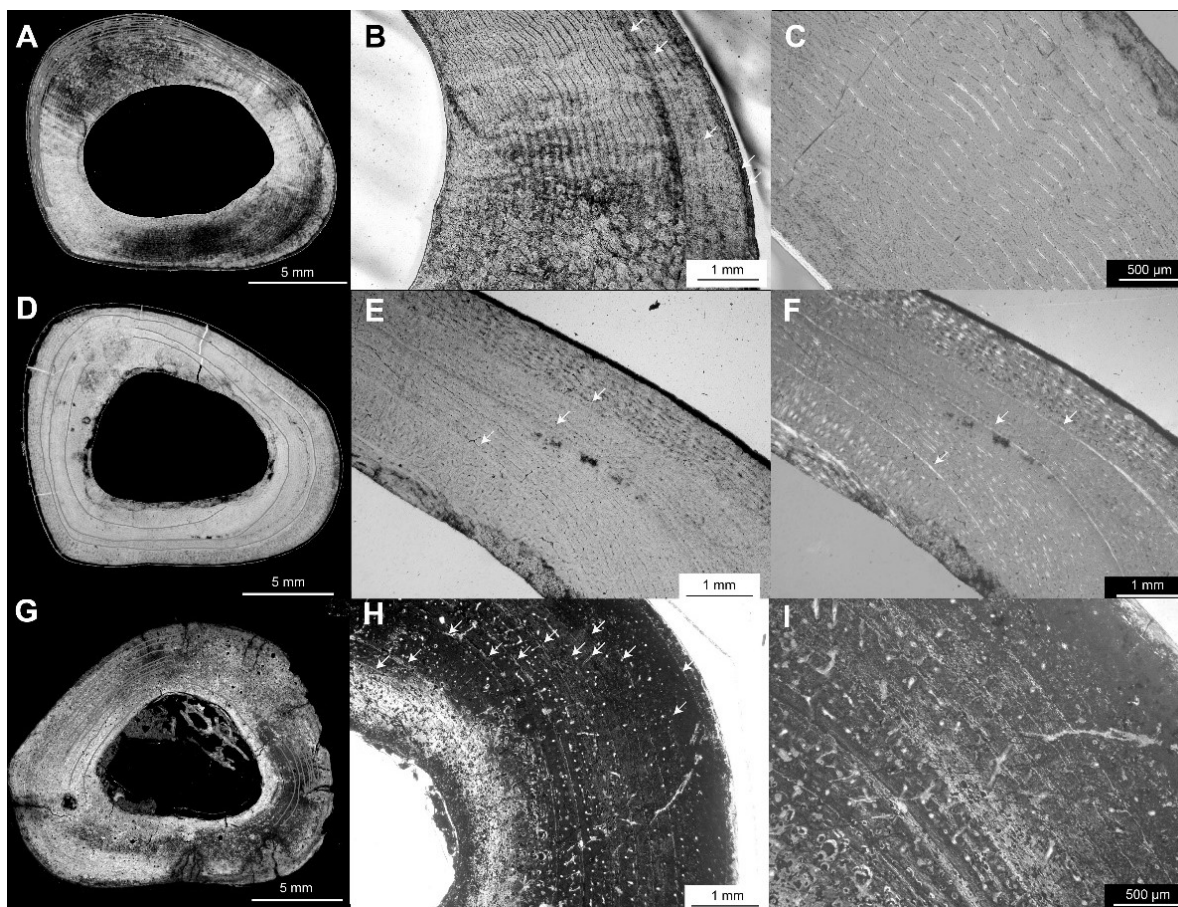


図2. シカ類の骨組織（脛骨）ホンシュウジカ（A-C）、ヤクシカ（D-F）、リュウキュウジカ（G-I）。骨幹断面（A, D, G）。皮質骨の顕微鏡写真オープン（B, E, H）、クロスニコル（C, F, I）。灰色線・矢印はLAGを示す。

体群は島嶼環境に適応するため遅い成長様式へと変化している最中である可能性が考えられる。ケラマジカが約400年前に九州から人為移入されたニホンジカの個体群であることを考えると、島嶼環境下における生態学的な変化は数百年単位の短期間で起こる可能性が高いと考えられる。

#### 引用文献

- 1) Calderon T, DeMiguel D, Arnold W, Stalder G, & Kohler M (2019) Calibration of life history traits with epiphyseal closure, dental eruption and bone histology in captive and wild red deer. *J. Anat.* 235(2):205-216.
- 2) Caughley G (1977) *Analysis of Vertebrate Populations* (John Wiley & Sons Inc., New York).
- 3) Cooper LN, Lee AH, Taper ML, & Horner JR (2008) Relative growth rates of predator and prey dinosaurs reflect effects of predation. *Proc. Biol. Sci.* 275(1651):2609-2615.
- 4) Kohler M & Moya-Sola S (2009) Physiological and life history strategies of a fossil large mammal in a resource-limited environment. *PNAS* 106(48):20354-20358.
- 5) Kolb C, *et al.* (2015) Mammalian bone palaeohistology: a survey and new data with emphasis on island forms. *PeerJ* 3:e1358.
- 6) Kubo MO, Fujita M, Matsu'ura S, Kondo M, & Suwa G (2011) Mortality profiles of late Pleistocene deer remains of Okinawa Island: evidence from the Hananda-Gama cave and Yamashita-cho cave I sites. *Anthropological Science* 119(2):183-201.
- 7) Scott KM (1990) Postcranial dimensions of ungulates as predictors of body mass. *Body size in mammalian paleontology: estimation and biological implications*, eds Damuth J & MacFadden BJ (Cambridge University Press, Cambridge), pp 301-335.

## 海底熱水鉱床形成過程の解明に向けた年代測定手法の応用

石橋純一郎\*・板谷優志\*\*・藤原泰誠\*\*\*・豊田新\*\*\*\*・冨田麻起子\*\*\*\*\*

\*九州大学大学院理学研究院

\*\*九州大学理学部

\*\*\* (株) 蒜山地質年代学研究所

\*\*\*\*岡山理科大学古生物学年代学研究センター

\*\*\*\*\*岡山理科大学大学院理学研究科

近年、海底熱水鉱床を将来の金属資源として考える動きが注目されている。海底熱水活動に伴って金属元素が長年にわたって蓄積し、海底熱水鉱床に至るまで発達する過程を議論することは、これを資源として利用する上で重要な科学的知見となる。熱水活動域から採取された地質試料の年代情報は、こうした鉱床形成過程を議論する際の強い制約条件（例えば鉱床形成に必要な年数）となると期待できる。

筆者らのグループは、海底の熱水活動域で得られる重晶石（化学式はBaSO<sub>4</sub>）を対象にESR年代測定法を適用する研究を進めてきた。重晶石は海底熱水鉱床では普遍的に見られる硫酸塩鉱物で、金属元素を溶解する高温の熱水（いわゆる鉱液）と海水の混合イベントにより沈殿生成する特徴がある。ESR年代測定法は、重晶石を構成するバリウム(Ba)を置換してラジウム(Ra)が含まれることを利用する。Ra-226の半減期は1600年、Ra-228の半減期5.75年であり、海底熱水鉱床の形成過程を議論するのに適した年代情報が得られることが期待できる。これまでの研究では、日本列島の南西諸島海域（沖縄トラフ）の複数の熱水活動域から得られた鉱石中の重晶石にESR年代測定法を適用して、数年から数千年といった年代情報を報告してきた。

今年度より、沖縄トラフの熱水活動域で実施された科学掘削によって、海底下から得られた堆積物コア中に含まれる重晶石を対象とした研究を展開している。堆積物コアは採取した地層の上下関係が明確であることから、熱水鉱床の形成史の復元を議論しやすいという利点がある。ここまでの研究の結果、堆積物コアに含まれる重晶石と熱水噴出孔周辺の鉱石に含まれる重晶石の特徴の違いが明らかになってきた。顕著な違いとして、堆積物コア中の重晶石はRa含量が数桁低いことが挙げられる。さらに、このRa含量が鉛直方向に直線的に増減する傾向が見いだされたサイトもあった。

このような結果から、海底下の堆積層内で別々に供給された熱水と海水の混合が進み、その場で重晶石が沈殿生成したことが示唆される。こうした重晶石に密接に伴い産する硫化鉱物が同じ作用で沈殿生成したことを鉱物学的な解析から示すことができれば、海底下で進行する鉱化作用に関する年代情報が得られることになり、鉱床形成過程を議論する際の強い制約条件になる。今後は、解析試料を増やすことで熱水鉱床の幅広い領域から年代情報を得て、鉱床形成史の復元につなげて行きたい。

## 那須火山群の熱ルミネッセンス年代

長谷川健\*・渡部\*・小畑直也\*\*・豊田 新\*\*\*

\*茨城大学理学部

\*\*岡山理科大学大学院理学研究科

\*\*\*岡山理科大学古生物学・年代学研究センター

火山の活動期間は、数十万年あるいは百万年以上の長期に及ぶことが珍しくない。この間、火山下では、マグマが生成・進化して貫入・噴出するといったプロセスが繰り返されると考えられている。このような長期的な火山活動史やマグマ・プロセスを定量的に評価し、将来予測などに役立てるためには、地質学的な野外調査で得られる噴出物の層序・分布や噴出量、室内分析で得られる噴出物の岩石学的・地球化学的特徴に加えて、年代の情報が不可欠である。本研究では、那須火山群の二岐山火山を対象とし、これまでに噴出物の層序・分布や岩石学的特徴を決定した。しかしながら、本火山の年代は、従来研究（伴・高岡、1995）によって報告された約 0.14 Ma の K-Ar 年代のみである。火山学の分野に限らず、地質時代の絶対年代値を求める方法は、K-Ar 法（あるいは Ar-Ar 法）や  $^{14}\text{C}$  法がよく用いられるが、これらの方法では、十萬年前周辺の年代領域を正確に求めることが困難である。そこで本研究では、二岐山火山の噴出物にしばしば認められる石英斑晶を利用して、熱ルミネッセンス（TL）年代測定を行った。TL 年代測定は、熱によって信号がリセットされてからの放射線の被ばく量を利用して年代を得ることができる手法であり、石英を含む数 10 万年程度までの試料の年代測定に適している。

このために、TL 測定の前処理である岩石から石英を抽出する作業および、高純度 Ge 検出器による年間線量評価のための試料作製を行った。試料の粉碎、粒度調整、塩酸処理、磁気分離、重液分離、フッ酸処理などを行い、測定に適した石英を抽出することができた。次に、試料ごとに異なる TL 波長の確認、蓄積線量の見積りのためのテスト測定を行い、今回の試料に適した測定条件を決定した。現在はすべての測定を終え、データの解析作業を進めている。数値年代が得られた後は、地質学雑誌への論文投稿が予定されている。

# 2021年度開講 新設基盤教育科目：自然をよみとく

－様々な分野の視座から恐竜をよみとく－

石垣忍<sup>\*1</sup>，西戸裕嗣<sup>\*1</sup>，今山武志<sup>\*2</sup>，豊田新<sup>\*3</sup>，  
林昭次<sup>\*1</sup>，辻極秀次<sup>\*4</sup>，衣笠哲也<sup>\*5</sup>

\*1岡山理科大学生物地球学部生物地球学科

\*2岡山理科大学理学部基礎理学科

\*3岡山理科大学古生物学・年代学研究センター

\*4岡山理科大学理学部臨床生命科学科

\*5岡山理科大学工学部機械システム工学科

## 1. 趣旨

日本国内において恐竜研究の1つの拠点となりつつある岡山理科大学のさまざまな専門分野の教員が、恐竜をテーマにその専門性を生かした研究や基礎となる知識について講義を行うことで、受講生が1つの分野にこだわらず多面的な視点を持つことの重要性を認識するとともに、それぞれの分野で学ぶことの楽しさを実感し、さらには本学に進学してよかったと思える機会を提供する。また、古生物・年代研究センターの研究成果を岡山理科大学の学生に直接還元する場の1つとする。

## 2. 講義目的

現代を生きる市民は、専門分野によらず、幅広い分野の自然科学に関心を持ち、ある程度のリテラシー（教養）を身に付けておくことが望ましい。日常生活や社会には科学があふれており、科学を理解することで適切な判断が下せることも多い。また、新しい現象を既知の事実や原理を踏まえて分析的・総合的に考察するといった科学的な思考は、変化の激しいこれからの社会を生きていく上で益々重要になってくる。

自然を読みとくにおいては、最新の自然科学の解説を通して、最新の自然科学がいかにさまざまな学問の垣根を越えて総合することによってなされてきているかについて紹介し、学生に自然科学に対する興味を喚起する。また、身近な現象をいかに科学的に説明できるかといった議論を通して、見えている現象の本質を洞察する体験をする。これらのことを通して、自分の専門とは異なる自然科学に対する広い教養を身につけ、「学ぶ意義」を学生に考えさせることを目的とする。

本講義では、恐竜をはじめとする古生物を対象として、恐竜の研究の基礎となる地質や現生生物の視点、さらに天体、医療、ロボットなど一見関係のない分野を含む様々な視点から読みとく。

## 3. 授業内容

- 1回目：石垣：恐竜とはどんな生物だったのか
- 2回目：石垣：「骨を掘って展示する」からもっと広くて深い恐竜学の世界へ
- 3回目：石垣：恐竜を軸にして様々な分野とコラボレーションを考える
- 4回目：今山：地球の歴史と恐竜が誕生した背景
- 5回目：林：恐竜研究はロマンだけか？恐竜研究の社会的意義について
- 6回目：林：恐竜から探る陸上動物の巨大化の限界
- 7回目：林：動物園・水族館から探る恐竜の生態
- 8回目：辻極：恐竜化石から有機物検出
- 9回目：辻極：恐竜化石の組織学的解析
- 10回目：西戸：恐竜は隕石により絶滅したのか
- 11回目：西戸：恐竜化石は何からできているのか
- 12回目：豊田：年代測定法の原理と応用
- 13回目：衣笠：ロボットとはなにか
- 14回目：衣笠：生物とロボットーロボットをつくることで生物を理解する
- 15回目：衣笠：恐竜とロボットと講義のまとめ。

# 2021年度開講 新設基盤教育科目：自然をよみとく

－物理で読みとく星と地球－

豊田新<sup>\*1</sup>・長尾桂子<sup>\*2</sup>・渡邊誠<sup>\*2</sup>・志藤あずさ<sup>\*3</sup>・大橋唯太<sup>\*3</sup>・兵藤博信<sup>\*4</sup>  
畠山唯達<sup>\*5</sup>・小林祥一<sup>\*6</sup>・能美洋介<sup>\*3</sup>

\*1岡山理科大学古生物学・年代学研究センター

\*2岡山理科大学理学部応用物理学科

\*3岡山理科大学生物地球学部生物地球学科

\*4岡山理科大学フロンティア理工学研究所

\*5岡山理科大学情報処理センター

\*6岡山理科大学理学部基礎理学科

## 1. 目的

現代を生きる市民は、専門分野によらず、幅広い分野の自然科学に関心を持ち、ある程度のリテラシー（教養）を身に付けておくことが望ましい。日常生活や社会には科学があふれており、科学を理解することで適切な判断が下せることも多い。また、新しい現象を既知の事実や原理を踏まえて分析的・総合的に考察するといった科学的な思考は、変化の激しいこれからの社会を生きていく上で益々重要になってくる。

自然を読みとくにおいては、最新の自然科学の解説を通して、最新の自然科学がいかにさまざまな学問の垣根を越えて総合することによってなされてきているかについて紹介し、学生に自然科学に対する興味を喚起する。また、身近な現象をいかに科学的に説明できるかといった議論を通して、見えている現象の本質を洞察する体験をする。これらのことを通して、自分の専門とは異なる自然科学に対する広い教養を身につけ、「学ぶ意義」を学生に考えさせることを目的とする。

## 2. 達成目標

別々のものに見え、高等学校までに別々に学んでいる各々の学問分野がいかに相互に関連しており、それらを総合して自然現象を理解することの重要性を認識する。本講義では、物理学を基礎として宇宙、惑星、地球に生起するさまざまな現象について解説する。本講義では、物理学がどのように現代の総合された科学の中に生かされて、最新の知見を得ることにつながっているかを学ぶ。このことを通して、物理学をはじめとする基礎知識としての各分野を学ぶ重要性を認識すると共に、基礎的な知識が最新の科学にどのように生かされているかについて具体的に知る。

## 2. 授業内容

- 1回目：長尾：宇宙の天体や私達の地球は、究極的には何からできているのだろうか？
- 2回目：長尾：宇宙から飛来する微粒子や放射線
- 3回目：渡邊：星（恒星）の誕生とその進化
- 4回目：渡邊：銀河の進化と銀河中心部に潜む超大質量ブラックホール
- 5回目：志藤：地震はどこでなぜ起こるのか
- 6回目：志藤：地震波のつたわり方と地球の構造
- 7回目：畠山：地球・惑星の構造・エネルギー輸送・分化
- 8回目：畠山：プレート運動と火成活動
- 9回目：豊田：地球型惑星の気候と温室効果
- 10回目：大橋：気象観測について
- 11回目：大橋：天気予報技術について
- 12回目：小林：鉱物の物理化学的性質を調べるX線回折法
- 13回目：兵藤：同位体年代測定法
- 14回目：能美：フィックション・トラック年代測定法とその応用
- 15回目：豊田：捕獲年代測定法の基礎と応用



## 発表論文

- Setiyabudi, E., Kurniawan, I., Insani, H., Takahashi, A. (2021) Late Pleistocene fossil record of *Cuora amboinensis* (Testudines: Geoemydidae) from the Wajak site, East Java, Indonesia, and its paleozoogeographic and archeozoologic implications, *Paleontological Research*, 25, 25-31.
- Miki, M., Seki, H., Yamamoto, Y., Gouzu, C., Hyodo, H., Uno, K., Otofujii, Y. (2020) Paleomagnetism, paleointensity and geochronology of a Proterozoic dolerite dyke from southern West Greenland. *Journal of Geodynamics*, 139 101752.
- Brown, C., Herridge-Berry, S., Chiba, K., Vitkus, A. R., and Eberth, D. A. (2020) High-resolution (cm-scale) GPS/GIS-based 3D mapping and spatial analysis of in-situ fossils in two horned-dinosaur bonebeds in the Dinosaur Park Formation (Upper Cretaceous) at Dinosaur Provincial Park, Alberta, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, cjes-2019-0183.
- Ekhtiari, S., Chiba, K., Popovic, S., Crowther, R., Wohl, G., Wong, A. K. O., Tanke, D. H., Dufault, D. M., Geen, O. D., Parasu, N., Crowther, M. A., and Evans, D. C. (2020) First case of osteosarcoma in a dinosaur: a multimodal diagnosis. *The Lancet Oncology*, 21(8), 1021–1022. [http://doi.org/10.1016/S1470-2045\(20\)30171-6](http://doi.org/10.1016/S1470-2045(20)30171-6)
- Ishigaki, S., Tsogtbaatar, K., Tsujigiwa, H., Mainbayar, B., Takahashi, A., Aoki, K., Aoki, S., Buyantegsh, B., Byambaa, P., Bayardorj, C., Otgonbat, B., Saneyoshi, M., Hayashi, S. and Chiba, K. (2020) Report of the Okayama University of Science – Mongolian Institute of Paleontology Joint Expedition in 2019. *Bulletin of Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science*, 1, 1–5.
- Wosik, M., Chiba, K., Therrien, F., and Evans, D. C. (2020) Testing size–frequency distributions as a method of ontogenetic aging: a life-history assessment of hadrosaurid dinosaurs from the Dinosaur Park Formation of Alberta, Canada, with implications for hadrosaurid paleoecology. *Paleobiology*, 46(3), 379–404.
- 林 昭次 (2020) 哺乳類の島嶼小型化の生態学的メカニズムとプロセスの解明：日本のシカ類を例として，山陽学術文化財団リポート，64号，p.11-15.
- Isozaki, Y., Tada, R., Sun, Y., Zheng, H., Toyoda, S., Sugiura, N., Karasuda, A., Hasegawa, H. (2020) Origin of aeolian dust emitted from the Tarim Basin based on the ESR signal intensity and crystallinity index of quartz: the recycling system of fine detrital material within the basin, *Geological Magazine*, 157, 707-718.
- 網本真奈，豊田新，実吉玄貴，高橋勇人，寺田 智也，石垣 忍，Tsogtbaatar Khishigjav, Mainbayar Buuvei, Buyantegsh Batsaikhan (2020) モンゴルゴビ砂漠の恐竜化石を産する白亜系堆積物の石英の酸素空孔量と堆積環境，岡山理科大学紀要 A, 56, 59-65.
- Kurumada, Y., Aoki, S., Aoki, K., Kato, D., Saneyoshi, M., Tsogtbaatar, K., Windley, B. F., Ishigaki, S. (2020) Calcite U-Pb age of the Cretaceous vertebrate-bearing Bayn Shire Formation in the Eastern Gobi Desert of Mongolia: Usefulness of caliche for age determination, *Terra Nova*, 32, 246-252.
- Aoki, S., Aoki, K., Tsujimori, T., Sakata, S., Tsuchiya, Y. (2020) Oceanic-arc subduction, stagnation, and exhumation: zircon U-Pb geochronology and trace-element geochemistry of the Sanbagawa eclogites in central Shikoku, SW Japan, *Lithos*, 358-359, 105378.
- 能美洋介 (2020) 付加体砂岩のジルコンは後背地について何を語るか—四万十体古三系砂岩ジルコン結晶形態を中心に—，八雲環境科学振興財団2019年環境研究助成研究レポート，100-105.

## 書籍

- 土屋 健，木村 由莉，林 昭次，ACTOW (2020) パンダの祖先はお肉が好き！—動物園から広がる古生物の世界と進化，平凡社.

## 学会発表

- Chiba, K., Ryan, M. J., Saneyoshi, M., Konishi, S., Yamamoto, Y. Mainbayar, B., Tsogtbaatar K.: Taxonomic re-evaluation of *Protoceratops* (Dinosauria: Ceratopsia) specimens from Udyn Sayr, Mongolia, The Society of Vertebrate Paleontology 80th Annual Meeting Virtual 2020, October 12-16, 2020.
- Drysdale, E. T., Chiba, K., Therrien, F., Erickson, G. M., Zelenitsky, D. K.: Histological analysis of *Prosaurolophus maximus* (Hadrosauridae, Saurolophinae) from southern Alberta, Canada reveals evidence for an extended juvenile growth period, and the evolution of gigantism within a late Campanian (Late Cretaceous) hadrosaurid

- lineage, The Society of Vertebrate Paleontology 80th Annual Meeting Virtual 2020, October 12-16, 2020.
- Kobayashi, Y., Chiba, K., Chinzorig, T., Ganzorig, B., Tsogtbaatar, K.: A large non-ceratopsid neoceratopsian from the Upper Cretaceous Bayanshiree Formation in Mongolia, The Society of Vertebrate Paleontology 80th Annual Meeting Virtual 2020, October 12-16, 2020.
- 高橋亮雄・嘉手納安頭 (2020) 沖縄島南部の近代遺跡 (首里真珠道跡) より発見されたクサガメ(カメ目イシガメ科)の骨遺存体とその考古動物学的意義 . 日本爬虫両棲類学会第59回大会 (オンライン) .
- 高橋勇人・網本真奈・豊田新・Tsogtbaatar Kh.・Buyantegsh Ba.・実吉玄貴, 石英の酸素空孔を用いた上部白亜系Nemegt層の層序解析, 日本堆積学会2020 オンライン大会
- Matsumoto, M and Aoki, K., Alkaline magmatism in a fore-arc region: igneous activity in relation to the Ashizuri igneous complex, SW Japan. JpGU-AGU Joint meeting 2020.
- S. Toyoda, Dating to provenance: ESR signals in quartz, JpGU – AGU Joint Meeting 2020, July 12-19, 2020, Online.
- S. Toyoda, ESR dating of quartz: issues on sediment dating and on thermochronometry, JpGU – AGU Joint Meeting 2020, July 12-19, 2020, Online.
- M. Tomita, H. Nishido, S. Toyoda, Emission mechanism of Barite estimated by cathodoluminescence spectroscopy, JpGU – AGU Joint Meeting 2020, July 12-19, 2020, Online.
- D. Haranosono, S. Toyoda, K. Nagai, T. Naruse, Detection of loess in the sedimentary sequence at Tsujita Site, JpGU – AGU Joint Meeting 2020, July 12-19, 2020, Online.
- Hyodo, H.: Diffusion model of excess argon observed around an intrusive. JpGU – AGU Joint Meeting 2020, July 12-19, 2020, Online.
- Sato, K., Hirose, T., Kumagai, H., Iwata, N., Hyodo, H.: Crustal noble gases anomaly associated with aftershock the Northeast Japan Great Earthquake at 2011 and fault movements, calculated with experimental fault data. JpGU – AGU Joint Meeting 2020, July 12-19, 2020, Online.
- 豊田新, 青木一勝, 青木翔吾, 石垣忍, 西戸裕嗣, 能美洋介, 実吉玄貴, 林昭次, 千葉謙太郎, 高橋亮雄, 小林祥一, 辻極秀次, 衣笠哲也, 今山武志, 兵藤博信, K. Tsogtbaatar, B. Mainbayar, モンゴルゴビ砂漠恐竜化石産出層の年代測定の試み, 岡山理科大学OUSフォーラム2020, 2020年11月24日–30日, オンライン. (奨励賞受賞)

## 開催された学会

ESR応用計測研究会、ルミネッセンス年代測定研究会、フィッション・トラック研究会 2020年度 合同研究会, 2021年2月15日-22日 討論セッション2月20日 オンライン.

## 論文別刷リスト

- Setiyabudi, E., Kurniawan, I., Insani, H., Takahashi, A. (2021) Late Pleistocene fossil record of *Cuora amboinensis* (Testudines: Geoemydidae) from the Wajak site, East Java, Indonesia, and its paleozoogeographic and archeozoologic implications, *Paleontological Research*, 25, 25-31.
- Aoki, S., Aoki, K., Tsujimori, T., Sakata, S., Tsuchiya, Y. (2020) Oceanic-arc subduction, stagnation, and exhumation: zircon U-Pb geochronology and trace-element geochemistry of the Sanbagawa eclogites in central Shikoku, SW Japan, *Lithos*, 358-359, 105378.
- Kurumada, Y., Aoki, S., Aoki, K., Kato, D., Saneyoshi, M., Tsogtbaatar, K., Windley, B. F., Ishigaki, S. (2020) Calcite U-Pb age of the Cretaceous vertebrate-bearing Bayn Shire Formation in the Eastern Gobi Desert of Mongolia: Usefulness of caliche for age determination, *Terra Nova*, 32, 246-252.
- 能美洋介 (2020) 付加体砂岩のジルコンは後背地について何を語るか—四万十体古三系砂岩ジルコン結晶形態を中心に—, 八雲環境科学振興財団2019年環境研究助成研究レポート, 100-105.
- 伊東和輝 (2021) 竜脚類と現生するゾウ目の起動差に着目した大型四足歩行生物の旋回に関する力学的考察, 岡山理科大学大学院工学研究科修士論文要旨集
- Miki, M., Seki, H., Yamamoto, Y., Gouzu, C., Hyodo, H., Uno, K., Otofujii, Y. (2020) Paleomagnetism, paleointensity and geochronology of a Proterozoic dolerite dyke from southern West Greenland. *Journal of Geodynamics*, 139 101752.

岡山理科大学

古生物学・年代学研究センター事業報告 第1号

2021年3月発行

編集・発行 岡山理科大学古生物学・年代学研究センター

岡山理科大学研究・社会連携機構

〒700-0005 岡山市北区理大町1-1

086-256-9731