

# パレオアジア 文 化 史 学

計画研究A03 2019年度 研究報告書

# アジアにおけるホモ・サピエンス定着期の 気候変動と居住環境の解明

2016-2020年度 文部科学省科学研究費補助金(新学術領域研究) 16H06410

目次	
はじめに	i
2019年度研究組織	ii
研究報告	
モンゴル北部サンギンダライ湖の湖底堆積物から復元される最終氷期 〜完新世の古環境変動と植生変遷 (予察) 長谷川精、今岡良介、志知幸治、N.イチノロフ、 勝田長貴、出穂雅実	1
モンゴルの湖底堆積物による古環境変遷に関する予察的結果 3 ~テルヒーンツァーガン湖について~	7
アラビア半島におけるホモ・サピエンスの定着: オマーン内陸部ワディ・タヌーフにおける遺跡調査	13
最終退氷期におけるシベリア永久凍土の大規模融解と人類への影響 勝田長貴 1	19
パキスタンThar砂漠堆積物のOSL年代による石器年代の制約田村 亨、北川浩之 2	23
中期~後期旧石器時代の移行期の炭素14年代測定プロトコルの確立:2019年度研究活動報告 山根雅子 2	29
ホモ・サピエンスのアジアへの拡散モデルの構築 (2) ―気候・環境への適応	33
2019年度 研究成果	

# はじめに

約20万年前頃のアフリカ大陸で誕生した現生人類ホモ・サピエンス(新人)は、10~5万年前以降、 ユーラシア大陸各地の多様な環境に適応しつつ拡散し、先住者たる旧人たちと交替した。新人が定 着した時代のアジア(以後、「パレオアジア」という。)の文化史を探求し、新人文化の形成過程の実 態とその背景を明らかにすることを研究課題とするのが、プロジェクト「パレオアジア文化史学 – アジア新人文化形成プロセスの総合的研究 – 」(文部科学省科学研究費補助金新学術領域研究(研究 領域提案型)、2016年度~2020年度)である。このプロジェクトの計画研究A03「アジアにおけるホ モ・サピエンス定着期の気候変動と居住環境の解明」では、パレオアジアの気候・環境に関わる証 拠を集約し、アジア各地の新人の居住環境や生活様式(生活の痕跡)を探り、新人文化の形成過程の 理解を促すことを目的としている。

本プロジェクト4年目となる2019年度には、他の計画研究への参加者や国内外の研究協力者との連携した合同調査およびその後の試料の分析・解析が進んだ。本プロジェクトで新たに着手した研究の成果を公表していく段階に至った。プロジェクトの最終年度となる次年度には、過去4年間のアジア各地で進められた野外調査やその後の分析結果を体系的に解析し、アジアにおけるホモ・サピエンス定着期の気候変動と居住環境についてとりまとめを行う予定である。

アジア各地の野外調査を進めるうえで、イスラエル地質調査所、ヘブライ大学、オマーン遺産文 化省・シャー・アブドゥル・ラティーフ大学、シンド文化遺産保存信託基金記録修復センター、ポ ンペウ・ファブラ大学、ベトナムアカデミー地理研究所・地質研究所、カシミール大学中央アジア 研究センター、モンゴル科学アカデミー古生物地質研究所、モンゴル国立大学地理地質学科の関係 者にはご多大な協力をいただいた。ここに記して感謝を申し上げます。

2020年3月31日

北川浩之 (名古屋大学宇宙地球環境研究所)

# 研究組織

[計画研究A03]

アジアにおけるホモ・サピエンス定着期の気候変動と居住環境の解明

# 2019年度研究組織

### 研究代表者

北川	浩之	名古屋大学宇宙地球環境研究所教授。	· 環境学/編年学
14/1		111座八丁丁田地桥统900/14/14	べっし エノ がい エ エ

### 研究分担者

藤木 利之	岡山理科大学理学部准教授・古植生復元/花粉分析
長谷川 精	高知大学理工学部講師・堆積学/古気候復元/古環境復元
近藤 康久	総合地球環境学研究所研究基盤国際センター・准教授・考古情報学/遺跡生態学的分析
田村 亨	国立研究開発法人産業技術総合研究所地質情報研究部門主任研究員・
	堆積学/地形学/年代学/遺跡周辺地形解析

### 研究協力者

Christian Leipe	名古屋大学客員准教授・ベルリン自由大学 地質科学研究所・助手古生態学/東アジア考古学		
三木 健裕	ベルリン自由大学 近東考古研究所 (博士後期課程)・西アジア考古学		
黒沼 太一	総合研究大学院大学先端科学研究科・特別研究員・西アジア考古学		
Mordechai (Moti) Stein	イスラエル地質調査所上級研究員・ヘブライ大学教授・地球化学		
Jaesoo Lim	韓国地質資源研究所上級研究員・第四紀学/地球化学		
Dang Xuan Phong	ベトナム科学技術アカデミー地理研究所上級研究員・地球化学/地理学		
Niiden Ichinnorov	モンゴル科学アカデミー古生物・地質研究所上級研究員・花粉分析/古植生復元		
Marco Madella	ポンペウ ファブラ大学人文科学部教授・植物考古学/環境考古学		
Carla Lancelott	ポンペウ ファブラ大学人文科学部研究員・植物考古学/環境考古学		

### 招待研究者 (公募研究)

勝田	長貴	岐阜大学 教育学部准教授・地球環境システム学/地球物理学/古環境変動解
		研究課題「過去10万年間におけるバイカル集水域の水環境復元と人類史への影響評価」
山根	雅子	名古屋大学 宇宙地球環境研究所特任助教・年代測定/地球化学
		研究課題「中期~後期旧石器時代の移行期の炭素14年代測定プロトコルの確立」

\*所属、肩書きは2020年3月31日現在のもの。

# モンゴル北部サンギンダライ湖の 湖底堆積物から復元される最終氷期 ~完新世の古環境変動と植生変遷(予察)

- 長谷川 精 高知大学 理工学部
- 今岡 良介 高知大学 理学部
- 志知 幸治 森林総合研究所 四国支所
- N. イチノロフ モンゴル科学アカデミー 古生物研究所
- 勝田 長貴 岐阜大学 教育学部
- 出穂 雅実 首都大学東京 人文社会学部

### はじめに

本研究では、ホモ・サピエンスのアジア拡 散期における、北ルートに位置するモンゴル の古環境変動の解明を目的としている。モン ゴル北部およびシベリア南部に分布する遺跡 の発掘調査から、上部旧石器時代初期(約4.5 ~4万年前)の複数の遺跡群が発見されている (Zwyns et al., 2014; Rybin et al., 2016; Izuho et al., 2019). しかし、この時代の北アジアの 古環境変動は、シベリア南部のバイカル湖や モンゴル北部のフブスブル湖の堆積物の解析 などに限り、十分には解明されていない。

我々は、モンゴル北西部フブスグル県南部 に位置するサンギンダライ湖 (N49°15'42.8"; E98°56'5.8";標高1885 m; 水深約25 m) におい て、2016年7月に表層コア (16SD01,02)の採 取を、2019年3月にボーリング掘削を行い、5 本のボーリングコア試料 (19SD01~05)を採 取した (図1,2)。採取したコア試料を日本に 輸送し、含有花粉化石分析と、主要・微量元 素組成分析を行い、最終氷期以降のモンゴル 北西部の古環境変動と植生変遷を復元した。 ここでは、現時点までに得られた予察的な研 究結果を報告する。



図1 サンギンダライ湖のボーリング掘削



図2 サンギンダライ湖と掘削地点の位置

### 研究方法

ボーリング掘削は、凍結した湖上にボーリ ング機材(約10トン)を設置して、近接した4 箇所で行った(湖底面からの深度約13 m長)。 ボーリング掘削はコアライナーを使用して3 m 毎に湖底堆積物を採取し,その場で1.5 mに切 断して密封・梱包した。

掘削コア試料は高知大学海洋コア総合研究 センターに輸送され、2019年7月と11月、2020 年2月に半割やサンプリングの作業を行った。

まず各コアの底部から,光ルミネセンス (OSL)年代測定用の試料を暗室で採取した。 その後X線CTスキャナを用いた内部構造の測 定と,マルチセンサーコアロガー (MSCL)を 用いた帯磁率測定を行った。次にコアを半割 し,写真撮影を行った後に,スラブ試料およ びLLチャネル試料 (80 cm長)を採取した。LL チャネル試料は1 cm毎に分取し,花粉分析や 鉱物組成分析,<sup>14</sup>C年代測定を行った。

スラブ試料は,XRFコアスキャナー (Itrax) を用いて,0.2 mm解像度で主要・微量元素組 成分析を行った。その後,コア写真と得られた 元素組成データに基づき,5本のコアの対比と, 複合コア柱状図の作成を行った。その結果,コ ア間の未回収堆積物の間隙が部分的に見られ るものの,ほぼ連続的な約13 m長の複合柱状 図が構築された(図3)。

湖底堆積物の年代モデルは、土壌試料の <sup>14</sup>C年代により算出した。現時点では表層コア (16SD02)の<sup>14</sup>C年代のみが得られている(図 4)。1 cm毎に分取した土壌試料23試料に対し て、酸・アルカリ・酸処理や有機炭素量測定、 グラファイト化の前処理を行い、東濃地科学セ ンター設置のペレトロン年代測定装置で<sup>14</sup>C年 代測定を行った。

### 花粉分析とバイオーム復元

花粉の抽出・観察は,森林総合研究所におい て以下の手順で行った。①試料を秤量し,2万 個/mLに調整したマーカーを入れる。②アル カリ可溶成分の除去(KOH処理)。③炭酸塩の 除去(HC1処理)。④重液分離による花粉の抽 出(ZnCl<sub>2</sub>処理)。⑤植物質の分解(アセトリシ ス処理)。⑥プレパラートへの封入。⑦顕微鏡 での観察と花粉種の同定。

現時点では、①16SD02から33試料(過去



図3 サンギンダライ湖コア (16SD02, 19SD01~05)の対 比と複合柱状図の構築



図4 土壌<sup>14</sup>C年代に基づく表層コア(16SD02)の堆積年代

2800年間), ②19SD03から12試料(退氷期頃), ③19SD05から5試料(27~22ka頃)の, 合計で 50試料の花粉分析を行った。1試料につき, 花 粉を300~500個カウントし, 花粉含有量をマー カーから定量的に復元した。サンギンダライ 湖試料から抽出・同定された代表的な花粉種を 図5に示す。

同定した花粉種の割合から,バイオマイゼー ション法 (Tarasov *et al.*, 2000; 五反田・福澤, 2006; Hoogakker *et al.*, 2016; Binney *et al.*, 2017) を用い て植生帯 (バイオーム)の復元を行った (図6)。

研究 モンゴル北部サンギンダライ湖 の湖底堆積物から復元される最終氷期~完新世の古環境変動と植生変遷(予察 サンギンダライ湖堆積物から復元される モンゴル北西部の古環境変動と植生変遷

<sup>14</sup>C年代の結果から,表層コア (16SD02)の 最深部 (82 cm)の年代は約2800年前に,平均 堆積速度は約33 cm/kyrに相当することが明ら かになった (図4,6)。また正確な年代モデルは <sup>14</sup>C年代の結果を待つ必要があるが,この堆積 速度では,湖底堆積物の岩相が茶褐色泥から緑 灰色シルトに大きく変化する,深度約4 mの層 準が約1万2千年前の退氷期に相当することに なる。また複合柱状図の最深部 (深度約13 m) は約3~3.5万年前頃に対応すると予想される (図7)。

この暫定的な年代モデルと,XRFコアスキャ ナー分析による元素組成変動,そして花粉分析 による植生復元の結果から,最終氷期〜完新世 のモンゴル北西部の古環境変動と植生変遷に ついて,現時点で明らかになったことを以下に 記述する(図7,8)。

まず複合柱状図の岩相変化(図3,7)を見る と,湖底面からの深度4~13 mにおいては黒灰 色砂と緑灰色シルト質砂,茶灰色シルトの互層



図5 サンギンダライ湖の湖底堆積物から産出した主な花粉種



図6表層コア試料(16SD02)から産出した花粉種と復元された植生帯の変遷



図7 サンギンダライ湖堆積物コアから復元された元素組成および植生帯の変化と, 暫定的な年代モデルに基づくグリーンランド氷床コア記録との比較



図8 サンギンダライ湖堆積物の花粉および元素組成分析の結果から推定される 最終氷期と完新世における北アジアの環境変遷

からなり,最終氷期にサンギンダライ湖は浅い 塩湖環境,もしくは湖が干上がって氾濫原環境 であったと考えられる。一方で深度0~4 mでは 茶褐色泥を主体とし,部分的に年編と考えられ るラミナも発達していた。したがって,完新世 には現在のサンギンダライ湖と同様に,湖水位 が高く湖底が還元的な環境が維持されていた と考えられる。X線回析装置(XRD)を用いて 鉱物組成分析を行ったところ,年編ラミナ発達 部ではシデライト(菱鉄鉱FeCO<sub>3</sub>)が含まれて おり,福井県水月湖と同様に夏の最高温期にシ デライトが沈殿して編模様が形成されている と解釈した(福沢,1995)。

次に元素組成変化,特に炭酸塩量を示すCa/ Ti比,湖底還元度の指標となるMn/Fe比,砂 量を示すSi/Ti比,そして凍土融解の指標とな る硫黄量S/Ti比の変化から古環境変動を考察 する(図7)。Ca/Ti比は完新世の茶褐色泥層 と,最終氷期に断続的に介在する茶灰色シル ト層で高い。またMn/Fe比もほぼCa/Ti比と似 た変動を示し,特に最終氷期の茶灰色シルト層 で高い。この最終氷期のCa/TiとMn/Feが高い 茶灰色シルトの層準は,湖底が酸化的な塩湖環 境が発達していたと解釈される。暫定的な年 代モデルによると,Ca/TiとMn/Feが高い層準 はB/A (ベーリング/アレレード)温暖期やDO (ダンスガードオシュガー)サイクルの亜間氷 期のような,最終氷期の中での温暖期に対応し ている(図7)。このことから,最終氷期の中で も急激な温暖化が起こった時には,サンギンダ

研究報告 モンゴル北部サンギンダライ湖 の湖底堆積物から復元される最終氷期~完新世の古環境変動と植生変遷(予察 ライ湖は干上がった氾濫原の環境から,相対的 に湿潤な塩湖環境に変わったことが示唆され る。一方で完新世前期にも高いCa/Ti比を示す が,Mn/Feとの相関は悪く,またラミナが発 達した茶褐色泥からなることから,この時期に は塩湖環境ではなく,比較的湖水位が高い環境 であったと考えられる。

次にSi/Ti比は最終氷期の黒灰色砂の層準で 高く、特に最終氷期最寒期 (LGM) に対応す る層準で厚い砂層が発達していた(図7)。この ことから、最終氷期の中での寒冷期には、サ ンギンダライ湖は干上がった氾濫原の環境で あったと考えられる。また硫黄量を示すS/Ti は、最終氷期の黒灰色砂層で比較的高い傾向が あった。硫黄は永久凍土中に多く、湖底堆積物 中の硫黄含有量は永久凍土融解の指標になる ことが最近の研究で示されている (Katsuta et al. 2019)。また昨年度報告書で示したモンゴル 南西部・オログ湖の堆積物記録では、最終氷期 におけるDOサイクル亜間氷期の温暖期に硫黄 含有量が顕著に増大しており、この時期にはモ ンゴル南西部にまで不連続永久凍土が広がり, 急激な温暖化により永久凍土が融解したと解 釈されている(長谷川ほか, A03班2018年度報 告書)。一方でサンギンダライ湖堆積物のS/Ti 含有量は、最終氷期における温暖期においても 顕著な増加は見せていない。このことから、サ ンギンダライ湖周辺は最終氷期に連続永久凍 土帯に位置し、DOサイクル亜間氷期の温暖期 においても永久凍土の大規模融解が起こらな かったことが示唆される。

次に花粉分析とバイオーム復元の結果を考 察する(図7)。最終氷期は全層準でArtemisia (ヨモギ属)が最も多く,48~71%を占めてい た。次に多いのはChenodiaceae(アカザ科)で 8~36%であった。一方で,過去2800年間や退 氷期には多く産出するPinus(マツ属)がほとん ど産出せず,0~1%であった。また低木・草本 花粉(Non-Arboreal Pollen: NAP)が全層準で 97%以上を占めていた。これらのことから,最 終氷期においてサンギンダライ湖周辺は,ス テップ・砂漠植生が優占した,植生に乏しい乾 燥した環境であったと示唆される。

次に退氷期に対応する層準では, Artemisia (ヨモギ属)が最も多く産出したが、28~52% と最終氷期よりも減少した。 次点は Chenodiaceae (アカザ科) で8~27%であり、最 終氷期と同程度だった。次に多いのがPinus (マツ属) であり、4~21%と最終氷期に比べて 急増していた。さらに完新世後期の過去2800 年間では, Artemisia (ヨモギ属) が最も多く (42~66%),次に多いのは高木のPinus (マツ 属), 草本のGramineae (イネ科), Cyperaceae (カヤツリグサ科)で、それぞれ5~24%、 4~17%. 6~13%であった。また試料中の花粉含 有量 (Pollen concentration) は、最終氷期には 非常に少ないが、完新世に入ると急増してい た。これらのことから、退氷期には依然として ステップ植生が占有するものの、タイガやツン ドラ植生の割合も増加し、比較的湿潤な環境に 変わったことが示唆される(図7)。

以上のことから,最終氷期では植生が乏しい 乾燥環境であったのに対し,完新世には依然と してステップが優占的ではあるものの,タイガ やツンドラ植生も増加して湿潤な環境に変わっ たことが明らかになった。この花粉分析からの 植生復元の結果は,上述した元素組成変化から 推定される古環境変動とも整合的である。

最後に本研究の結果から明らかになった,最 終氷期から完新世におけるモンゴル北部を含 む北アジア地域の環境変遷の概念図を図8に示 す。最終氷期には,モンゴル北部は連続永久凍 土帯に位置し,凍土凍結によって植生に乏しい 乾燥環境(ステップ・砂漠植生が支配的)が広 がっていたと考えられる。一方で完新世には 不連続凍土帯に位置し,夏季の凍土融解によっ て比較的湿潤な,ステップとタイガ植生が混在 する環境に変わったと考えられる。

### まとめ

本報告では,サンギンダライ湖の湖底堆積物 試料を用いて,モンゴル北西部の最終氷期から 完新世における古環境変動と植生変遷を復元 した。その結果,最終氷期には,モンゴル北西 研究報告

PaleoAisa Project Series 27

部は永久凍土の凍結によってステップ・砂漠植 生が支配的な乾燥環境であり,湖水がほぼ干上 がった氾濫原環境と,湖水位の低い塩湖環境で あったことが明らかになった。一方で,完新世 には永久凍土の融解によって比較的湿潤でス テップとタイガ植生が混在する環境であり,現 在と同程度の湖水位が高く湖底が還元的な環 境に変わったことが示唆された。

このようにサンギンダライ湖堆積物は、最終 氷期から完新世の環境変動や植生変遷を鋭敏 に記録している可能性が明らかになった。今 後は<sup>14</sup>C年代やOSL年代測定を継続し、より正 確な年代モデルの構築を進める。また今後は 未分析層準の花粉分析を継続し、最終氷期から 完新世にかけての植生変遷を詳細に復元する。 特に、BAやDO亜間氷期のような最終氷期にお ける急激な温暖化イベントに対して、同地域の 環境や植生がどのように応答したのかを検証 する。そしてサンギンダライ湖堆積物コアに より明らかになった同地域の古環境および植 生変遷と、遺跡記録から得られている石器の特 徴や産出動物骨化石などと比較検討すること により、北アジアにおけるホモ・サピエンスの 行動や居住環境の動態との対応関係が、より詳 細に議論できると期待される。

### 引用文献

- Binney, H., Edwards, M., Macias-Fauria, M., Lozhkin, A., Anderson, P., Zernitskaya,V. (2017) Vegetation of Eurasia from the last glacial maximum to present: Key biogeographic patterns. *Quaternary Science Reviews*, 157, 83-90.
- 福沢仁之 (1995) 天然の「時計」・「環境変動検出計」と しての湖沼の年編堆積物, *第四紀研究*, 34, 135-149. 五反田克也, 福澤仁之 (2006) バイオマイゼーション (Biomization) 法を用いた日本列島の過去 2 万年間 のバイオーム分布復元. *地学雑誌*, 115, 125-135. 長谷川精, 勝田長貴, 田村亨, 出穂雅実 (2018) モン
- ゴル南西部オログ湖堆積物から復元される最終氷 期~完新世の古環境変動(予察),パレオアジア文 化史学A03班2018年度研究報告書, 9-13.

- Hoogakker, B. A. A., Smith, R. S., Singarayer, J. S., Marchant, R., Prentice, *et al.* (2016) Terrestrial biosphere changes over the last 120 kyr. *Climate of the Past*, 12, 51-73.
- Izuho, M., Terry, K., Vasil'ev, S., Konstantinov, M., Takahashi, K. (2019) Tolbaga revisited: Scrutinizing occupation duration and its relationship with the faunal landscape during MIS 3 and MIS 2. Archaeological Research in Asia, 17, 9-23.
- Katsuta, N., Matsumoto, G. I., Hase, Y., Tayasu, I., Haraguchi, T. F., Tani, E., Shichi, K., Murakami, T., Naito, S., Nakagawa, M., Hasegawa, H., Kawakami, S. (2019) Siberian permafrost thawing accelerated at the Bølling/Allerød and Preboreal warm periods during the last deglaciation. *Geophysical Research Letters* 46. https://doi.org/10.1029/ 2019GL084726.
- North Greenland Ice Core Project members (2004) High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period. *Nature*, 431, 147-151.
- Rybin, E.P., Khatsenovich, A.M., Gunchinsuren, B., Olsen, J. W., Zwyns, N. (2016) The impact of the LGM on the development of the Upper Paleolithic in Mongolia. *Quaternary International*, 425, 69-87.
- Tarasov, P. E., Volkova, V. S., Webb III, T., Guiot, J., Andreev, A. A., *et al.* (2000) Last glacial maximum biomes reconstructed from pollen and plant macrofossil data from northern Eurasia. *Journal of Biogeography*, 27, 613-614.
- Zwyns, N., Gladyshev, S. A., Gunchinsuren, B., Bolorbat, T., Flas, D., Dogandžić, T., *et al.*(2014). The open-air site of Tolbor 16 (Northern Mongolia): Preliminary results and perspectives. *Quaternary International*, 347, 53-65.

# モンゴルの湖底堆積物による 古環境変遷に関する予察的結果3 ~テルヒーンツァーガン湖について~

## 藤木 利之 岡山理科大学理学部

勝田 長貴 岐阜大学教育学部

### 1. はじめに

ホモ・サピエンスは、約48000年前にヒマラ ヤ山脈を隔ててヒマラヤ南ルートとヒマラヤ 北ルートに分かれて拡散したことが明らかと なっており、ヒマラヤ北ルートへ回った集団 は、モンゴルを経て、40000年前には中国や朝 鮮半島など東アジアに到達したと言われてい る (海部, 2016)。これまでモンゴルでは、タ イガ帯に属するフブスグル湖 (Lake Hovsgol: Prokopenko et al., 2007)、森林ステップ帯に 属するテルメン湖 (Lake Telmen: Peck et al., 2002: Fowell et al., 2003) やグン湖 (Lake Gun: Feng et al., 2013)、ステップ帯に属するアチ ト湖 (Lake Achit: Sun et al., 2013) やウギ湖 (Lake Ugii: Wang et al., 2011) など、様々な植 生帯で多くの古環境解析のための花粉分析研 究が行われているが、そのほとんどは湖が点在 する中部~西部に集中し、東部ではブイル湖 (Lake Buir: Tarasov, 1996)のみで、花粉分析 による古環境解析の研究が行われていないの が現状である (Gunin et al., 2011)。そこで、昨 年に引き続きホモ・サピエンスがモンゴルに 到達した頃の環境を解明するために、今回は モンゴル中央部のテルヒーンツァーガン湖の 湖底堆積物(TR1306コア)の花粉分析を行い、 モンゴル北部の古植生変遷を明らかにした。

### 2. 試料採取地点

テルヒーンツァーガン湖は、モンゴル北部 にあるフブスグル湖から南へ約270 km、首都 のウランバートルから西へ約550 kmのモンゴ ル中央部のアルハンガイ県の北緯48°10'、東経 99°43'、標高2060 mに位置し、平均水深20 m の淡水湖である (図1)。テルヒーンツァーガン 湖周辺の植生は、湿草ステップにタイガ林が点 在する植生である (Hilbig, 1995; Farukh *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2013)。

試料は、2013年にテルヒーンツァーガン湖 で採取された表層約70 cmの堆積物 (TR1306コ ア)である。



図1 モンゴルの植生図 (Wang *et al.* (2013)を改変) と試 料採取地点地図

### 3. 分析方法

化石花粉・胞子の抽出には、約2 cm毎にKOH 処理、HCl処理、ZnCl₂比重分離処理、アセトリ シス処理を施し、残渣をエタノールで脱水した 後、キシレンに置換しオイキットで封入した。測 定は深度毎に木本類花粉と草本類花粉を合わせ えて500個以上測定した。化石・胞子花粉の出現 率は、樹木花粉と草本花粉の合計を基本数とし、 分類群ごとに百分率で求めた。

年代測定は6点実施し、得られた<sup>14</sup>C年代は暦 年代に較正した (表1)。

### 4. 結果

年代測定の結果、テルヒーンツァーガン湖の TR1306コアは、約7000年間の堆積物であるとみ られた。堆積速度は約19 cm以深は、約0.1 mm/ yrの速度で堆積していたが、その後、約6 cmま では約0.6 mm/yrと堆積速度が速くなり、6 cm 以浅では0.3 mm/yrと緩やかになった(図2)。

花粉分析では、木本類花粉13種類、草本類花 粉21種類、シダ胞子2種類の合計36種類の化石 花粉・胞子が検出された。主な化石花粉の光学 顕微鏡写真を図3に、主な化石花粉の変遷図を 図4に示す。

全層を通して草本類花粉が75~90%を占めて おり、テルヒーンツァーガン湖周辺の植生はヨモ ギ属を主体とし、イネ科とカヤツリグサ科、アカ ザ科が混じるステップ植生で、それにマツ属や カバノキ属のタイガ林が点在する森林が維持さ れてきたと思われる。ただ、テルヒーンツァーガ ン湖はステップ砂漠にも近いため、乾燥地に生 育するマオウ属花粉も比較的多く産出した。樹 木花粉では、マツ属花粉が最下部で減少し、そ の後、約25 cmで再増加と約20 cmで減少傾向を 示した。マオウ属花粉とカバノキ属花粉は約55 cmで減少傾向を示した。イネ科花粉は最下層か ら増加傾向を示し、60 cm以浅では緩やかに増加 し、約10 cm以浅で減少傾向を示した。カヤツリ グサ科花粉は上層に向かって徐々に増加し、約5 cm以浅で急増した。アカザ科花粉は約55 cm以 深では増加傾向を示したが、55 cm以浅では減 少傾向を示し、約 20 cmで増加し、その後減少 した。ヨモギ属花粉は非常に高い出現率を示し 優占したが、最上部で減少した。先行研究のテ ルメン湖 (Fowell *et al.*, 2003) やウギ湖 (Wang *et al.*, 2011) でも、約3000 BP頃のマツ属花粉の増 加、約4000 BP頃のカバノキ花粉の減少、マツ属



表1 :	テルヒー	ンツァー	ガン湖TR1306コア	のAMS年代測定結果
------	------	------	-------------	------------

Depth (cm)	<sup>14</sup> C age (yr BP)	Calibrated age (yr BP)	Averaged calibrated age (yr BP)
5.5	1909	1731-1946	1838.5
18.5	2131	1999-2302	2150.5
25	3019	3076-3343	3210.5
36.5	3943	4248-4519	4383.5
44.5	4257	4629-4959	4794
54.5	4984	5607-5887	5747

3 ~テルヒーンツァーガン湖について~



図3:テルヒーンツァーガン湖TR1306コアから産出した化石花粉の光学顕微鏡写真 1:トウヒ属、2:マツ属、3:カラマツ属、4:マオウ属、5:ヤナギ属、6:カバノキ属、7:ハンノキ属、 8:コナラ属コナラ亜属、9:ニレ属、10:イネ科、11:カヤツリグサ科、12:ホシクサ属、13:ガマ属、 14:タデ属、15:ナデシコ科、16:アカザ科、17:カラマツソウ属、18:ハマビシ属、19:フウロソウ属、 20:オオバコ属、21:ワレモコウ属、22:キンポウゲ科、23:ヨモギ属、24:キク科、スケールは10 µm.

花粉の増加の前にアカザ科花粉の減少がみられた。以上の現象は、本研究結果と非常に調和的である。

### 5. 考察

テルヒーンツァーガン湖周辺の植生は、若干 の植生の変化が確認でき、約7000年間概ね現在 と変わらないステップ草原に森林が点在するよ うな植生であったと考えられる。

モンゴルでは約7000 BP以降、湿潤環境が乾



図4 テルヒーンツァーガン湖TR1306コアの花粉変遷図

燥環境に転じ、約3000 BP以降、乾燥環境が湿 潤環境に転じている (Fowell et al., 2003; Wang et al., 2011; Fukumoto et al., 2012)。東シベリアで は、植物が永久凍土の融解水を利用して生育す るが (Sugimoto et al., 2002)、モンゴルのタイガ 林も、永久凍土からの融解水を利用していると考 えられている (津久浦ほか, 2010)。そのためか、 約7000 BPにあたる最下層と約3000 BPにあたる 20 cm付近でタイガ林要素のマツ属の増加がみら れる。テルヒーンツァーガン湖周辺でも永久凍土 の融解による土壌の湿潤化の可能性がうかがえる。

モンゴル北部のフブスグル湖の堆積物の分析 では、13.700 cal BPと11.000 cal BPの温暖期に 硫黄含有量が高くなる傾向がみられ、この原因 は永久凍土が急激に融解し、その融解水が湖内 にタービダイトをもたらしたことが原因であった (Katsuta et al., 2019)。さらに、その融解水によ り土壌が湿潤化しシベリアトウヒなどのタイガ林 が増加したことが明らかとなっている(Katsuta et al., 2019)。つまり、タイガ林要素の増加は気 温の上昇および土壌の湿潤化を示すと考えられ る。そこで、樹木花粉、針葉樹花粉、広葉樹花 粉の出現率と硫黄含有率を比較した(図5)。最 下層の樹木花粉が増加する層準付近では硫黄含 有率が高かったが、20 cm付近の樹木花粉が増 加する層準では硫黄含有率は高くならなかった。 そこで、樹木花粉を針葉樹花粉と広葉樹花粉に 分けてみると、非常に調和的な結果が得られた。 テルヒーンツァーガン湖周辺の永久凍土融解に よる土壌の湿潤化では、タイガ林よりも広葉樹 の方が繁茂に有利であると思われる。最上部の 広葉樹花粉が増加する層準では、硫黄含有率は 高くならなかった。これは、湿潤化よりも砂漠化 防止のカバノキの植林による影響が大きいので はないかと考えられる。

### 謝辞

放射性炭素年代測定は、日本原子力研究開発 機構・東濃地科学センターで行われた。同セン ターの國分 (齋藤) 陽子博士はじめスタッフの 方々に深く感謝する。

研究報



図5 テルヒーンツァーガン湖TR1306コアの花粉出現率と堆積物の硫黄含有率

### 引用文献

- Farukh, M.A., Hayasaka, H., Mishigdorj, O. (2009) Recent Tendency of Mongolian Wildland Fire Incidence: Analysis Using MODIS Hotspot and Weather Data. *Journal of Natural Disaster Science*, 31: 23–33.
- Feng, Z.D., Ma, Y.Z., Zhang, H.C., Narantsetsega, T., Zhang, X.S. (2013) Holocene climate variations retrieved from Gun Nuur lake-sediment core in the northern Mongolian Plateau. *The Holocene*, 23: 1721–1730.
- Fowell, S.J., Hansen BCS, Peck JA, Khosbayar P, Ganbolde E. (2003) Mid to late Holocene climate evolution of the Lake Telmen Basin, North Central Mongolia, based on palynological data. *Quaternary Research*, 59: 353–363.
- Fukumoto, Y., Kashima, K., Orkhonselenge, A., Ganzorig, U. (2012) Holocene environmental changes in northern Mongolia inferred from diatom and pollen records of peat sediment. *Quaternary International*, 254: 83–91.
- Gunin, P.D., Vostokova, E.A., Dorofeyuk, N.I., Tarasov, P.E., Black, C.C. (2011) Vegetation Dynamics of Mongolia. Kluwer Academic Publishers.
- Hilbig, W. (1995) The vegetation of Mongolia. 258pp.SPB Academic Publishing, Amsterdam.

海部陽介 (2016) 日本人はどこから来たのか?文藝春秋、 東京.

- Katsuta, N., Matsumoto, G.I., Hase, Y., Tayasu, I., Haraguchi, T.F., Tani, E., Shichi, K., Murakami, T., Naito, S., Nakagawa, M., Hasegawa, H., Kawakami, S. (2019) Siberian permafrost thawing accelerated at the Bølling/Allerød and Preboreal warm periods during the last deglaciation. *Geophysical Research Letters*, 46: 13961–13971.
- Peck, J.H., Khosbayar, P., Fowell, S.J., Pearce, R.B, Ariunbileg, S.,Hansen, B.C.S., Nergui Soninkhishig, N. (2002) Mid to Late Holocene climate change in north central Mongolia as recorded in the sediments of Lake Telmen. *Palaeogeography*, *Palaeoclimatology*, *Palaeoecology*, 183: 135–153.
- Prokopenko, A.A., Khursevich, G.K., Bezrukova,
  E.V., Kuzmin, M.I., Boes, X., Williams, D.F.,
  Fedenya, S.A., Kulagina, N.V., Letunova, P.P.,
  Abzaeva, A.A. (2007) Paleoenvironmental proxy
  records from Lake Hovsgol, Mongolia, and a
  synthesis of Holocene climate change in the
  Lake Baikal watershed. *Quaternary Research*, 68:
  2–17.
- Sugimoto, A., Yanagisawa, N., Naito, D. (2002) Importance of permafrost as a source of water for plants in east Siberian taiga. *Ecological Research*, 17: 493–503.

PaleoAisa Project Series 27

- Sun, A., Feng, Z.D., Ran, M., Zhang, C.J. (2013) Pollen-recorded bioclimatic variations of the last ~22,600 years retrieved from Achit Nuur core in the western Mongolian Plateau. *Quaternary International*, 311: 36–43.
- Tarasov, P.E. (1996) Lake status records from the Former Soviet Union and Mongolia: documentation of the second version of the databases. World Data Center-A for Paleoclimatology, Boulder, Colorado.
- 津久浦朱美・星野仏方・杉本敦子 (2010) モンゴル 国における森林限界の分布とその変動要因の推定. *酪農学園大学紀要自然科学編*, 35:55-64.
- Wang, J., Brown, D.G., Agrawal, A. (2013) Sustainable
  Governance of the Mongolian Grasslands:
  Comparing Ecological and Social-Institutional
  Changes in the Context of Climate Change in
  Mongolia and Inner Mongolia Autonomous
  Region, China. In: Chen, J.Q., Wan, S.Q., Henebry,
  G., Qi, J.U., Gutman, G., Sun, G., Kappas, M. eds.
  Dryland East Asia: Land Dynamics amid Social
  and Climate Change (Ecosystem Science and
  Applications). De Gruyter. p.425-446.
- Wang, W., Ma, Y., Feng, Z., Narantsetseg, T.,
  Liu, K.B., Zhai, X. (2011) A prolonged dry midHolocene climate revealed by pollen and diatom
  records from Lake Ugii Nuur in central Mongolia. *Quaternary International*, 229: 74–83.

# アラビア半島におけるホモ・サピエンスの 定着:オマーン内陸部ワディ・タヌーフに おける遺跡調査

近藤 康久 総合地球環境学研究所

三木 健裕 ベルリン自由大学近東考古学研究所

黒沼太一 総合研究大学院大学先導科学研究科

筆者らのチームは、インド洋モンスーンの 影響下にあるアラビア半島南東部すなわち「モ ンスーンアラビア」における後期更新世の環境 変動と人類の定着プロセスの関係性を再評価 することを目的として、2016年度よりオマー ン内陸部のアッダーヒリーヤ (Ad Dakhiliyah) 地方で遺跡分布調査を実施している(近藤2016, 2017;近藤ほか, 2018)。2017年度からは、ワ ディ・タヌーフ (Wādī Tanūf) 1号洞穴遺跡に おいて試掘調査を進めてきた(近藤ほか, 2018; 近藤ほか, 2019)。

今シーズンは、2019年12月22日から2020年1 月23日にかけて、ワディ・タヌーフ1号洞穴遺 跡における遺跡調査と、同13号墓地遺跡の遺構 分布調査、同7号墓地遺跡の範囲確認調査、お よびタヌーフより5キロメートル東方のアッス ワイヒリヤ (As Suwaihiriyah)地区における 遺構分布調査を実施した (図1)。以下に調査の 概要を記す。

### 調査体制

近藤 康久 調査団長 総合地球環境学研究所准教授 A03研究分担者 三木 健裕 ベルリン自由大学近東考古学研究所博士課程 学生 A03研究協力者 黒沼 太一 総合研究大学院大学先導科学研究科特別研究員 A03研究協力者



図1 ワディ・タヌーフの踏査地点。

杳

### ワディ・タヌーフ1号洞穴遺跡の発掘調査

ワディ・タヌーフ1号遺跡は洞穴にあり、現 地名をムガーラ・アルキャフ (Mughāra al Kahf)という。峡谷の低位段丘から水平距離 にして約600メートル離れた崖面に開口してい る。低位段丘からの比高は約200メートルであ り、洞穴に達するには崖錐斜面を30分程度登攀 する必要がある。

過去2シーズン (2017年度・2018年度)の測量 調査により、開口部の幅は約8メートル、奥行 き約18メートル、平均勾配30.1度の急傾斜であ ることが明らかになった(近藤ほか,2019)。今 シーズンは、レーザー距離計を用いて洞穴の天 井を簡易計測し、セクション図を更新した(図 2)。洞穴内には砂塵が堆積していた。昨シー ズンまでは風成によるものと推測していたが、 ヤギの糞や小鳥の巣などの有機物と風成堆積 物が混合して土壌化したものである可能性が 高まってきた。また、表土には天井から崩落し た岩石片も大量に混じっていた。表土の下に は流水によって形成されたとみられるセメン ト質の固い堆積物があった。奥部は岩石の崩 落による塞がれており、その奥にさらに空間が あるようだったが、進入不能であった。

また、過去2シーズンの試掘調査において、

15

10



### ワディ・タヌーフ13号墓地遺跡の遺構分 布調査

ワディ・タヌーフ13号墓地遺跡は、7号遺跡 よりも1段上の低位段丘に立地する。踏査の結 果、墓地の遺存状況は良好であり、礫を用いて 構築した上部構造を持つ墓が少なくとも40基 存在することが確認された (図4)。これらの墓 の時期は完新世中期が想定される。したがっ て、墓地は1号洞穴遺跡と近い時期に形成され たと見られる。墓は単独で構築されている事 例32基と天然の巨岩を利用してその脇に設置 された事例の8基が確認できた。表面採集でき た遺物は2点の土器細片を除いて皆無である。

### Deposit is probably thicker in the inner part (O).





Longitudinal elevation O-P



TP1

図2 ワディ・タヌーフ1号洞穴遺跡の平面図(左)と断面図(右)。

杳



図3 ワディ・タヌーフ1号洞穴遺跡Test Pit 1 (TP1)の発掘終了状況。



図4 ワディ・タヌーフ13号墓地遺跡における墓の一例 (6号墓)。



図5 ワディ・タヌーフ7号遺跡の建物礎石。

### ワディ・タヌーフ7号遺跡の範囲確認調査

ワディ・タヌーフ7号遺跡は、1号洞穴遺跡お よび13号墓地遺跡の眼下の低位段丘に立地す る。段丘の南側3分の2程度(2号遺跡)は、ブ ルドーザーによる整地により破壊されている が、土器片や石器が散布している。北側の約80 メートル四方の範囲に、矩形の建物基礎(図5) と、直径約8メートルの円形敷石墓1基、一対の ヘッドストーンをもつ長円形の個人墓数十基 と、付属する礼拝堂のような建物の礎石が確認 された。

### 国際共同研究体制の構築

昨シーズンに引き続いて、地質学者ムハン マド・アルキンディー博士と意見交換を行い、 洞穴TP1下層のセメント質の土壌がトラバーチ ンであることなどの教示を得た。また、スル タン・カーブース大学文学部考古学教室のハリ ド・ダグラス准教授(教室主任)とナセル・ア ルジャフワリ准教授を訪問し、完新世中期の洞 穴利用のあり方と出土遺物の性格についての 意見交換および資料実見をおこなった。また、 タヌーフ在住の歴史家サーリム・アルナブハニ 氏から、近過去と現在の遊牧民の季節的な洞穴 利用のあり方について教示を得た。

オマーン遺産文化省との調査協定上の理由 から、調査の詳細については機会を改めて報告 する。来シーズンは、ワディ・タヌーフ7号墓 地遺跡もしくは13号墓地遺跡の墓ないし建築 遺構の発掘調査と、ワディ・タヌーフ一帯にお ける遺跡分布調査を実施する計画である。

### 謝辞

本調査の遂行にあたっては、オマーン遺産 文化省考古博物館局長スルタン・アルバクリ 氏、同省発掘課長ハミス・アルアスミ氏、同省 アッダーヒリーヤ地方事務所長アフメド・アル タミミ氏ならびに同事務所スルタン・アルナブ ハニ氏、サレハ・アルヤヒヤーイ氏ほか職員各 氏から支援を受けた。現地調査にあたっては、

査

ハムード・アルナブハニ氏はじめ通算11名のオ マーン人作業員の協力を得た。記して感謝申 し上げる。

### 文献

- 近藤康久,2016. アラビア半島におけるホモ・サピエ ンスの定着:オマーンでの調査計画. 西秋良宏編『第 1回研究大会 パレオアジア文化史学:アジア新人文 化形成プロセスの総合的研究』78頁.
- 近藤康久,2017.アラビア半島におけるホモ・サピエ ンスの定着:オマーンでの予備調査.北川浩之編『パ レオアジア文化史学 計画研究A03 平成28年度研究 報告書 アジアにおけるホモ・サピエンス定着期の 気候変動と居住環境の解明』31-34頁.
- 近藤康久・三木健裕・黒沼太一・野口 淳・北川浩之, 2018. アラビア半島におけるホモ・サピエンスの定 着:オマーンでの予備調査(第2報).北川浩之編『パ レオアジア文化史学 計画研究A03 平成29年度研究 報告書 アジアにおけるホモ・サピエンス定着期の 気候変動と居住環境の解明』44-45頁.
- 近藤康久・三木健裕・黒沼太一,2019. アラビア半島 におけるホモ・サピエンスの定着:オマーンでの 予備調査(第3報).北川浩之編『パレオアジア文化 史学 計画研究A03 平成30年度研究報告書 アジアに おけるホモ・サピエンス定着期の気候変動と居住 環境の解明』38-39頁.

# 最終退氷期におけるシベリア永久凍土の 大規模融解と人類への影響

### 勝田 長貴 岐阜大学教育学部

### はじめに

新人 (ホモ・サピエンス) がユーラシア大陸 内陸に拡散した最終氷期(約70 ka~約11.7 ka, 1 ka = 1000年前)は、顕著な寒冷化と共に乾燥化 が進んだ。最終氷期最盛期(約21 ka)では、現 在に比べて年平均気温が6~8°C低下し、降水量 が約10%減少したとされる。最終氷期最盛期か ら完新世(11.7 ka~現在)の温暖期に移行する 時期に、地球の気候は2回の温暖化と、その前 後の寒冷化が生じた。この寒冷化はヤンガード リアス期 (12.9 ka~11.5 ka) と呼ばれ、その前 後の温暖化が起こった時期がベーリング・アレ レード (BA) 温暖期とプレボリアル (PB) 温暖 期である。これらの温暖期は、南極大陸を中心 とした大陸氷床の大規模融解に伴っており、こ の2回の融解パルスは、MWP 1A (14.6 ka~14.3 ka) と1B (11.45 ka~11.1 ka) と呼ばれ、大西洋 子午面循環 (Atlantic Meridional Overturning Circulation)を励起し、2回の温暖化を生む原 因とされている。このMWP 1Aと1Bでは、世 界中の海水準が年間40 mmの速度で急激に上 昇したことが明らかとなっている。また、こう した気候変動に伴って、世界各地の気候がどの ように変化してきたのか、また変化の時期が同 期しているのかなど、さまざまな課題が提示さ れ、論争が続いてきた。最終氷期から完新世に かけての温暖化は、汎世界的現象であることは 多くの研究者の一致した意見であるが、新人の 活動の場であった中央アジア内陸部における気 候変動の実態解明は、堆積物コアの確保や古環 境指標の確立が難しいことから遅れていた。

本研究公募では、最終氷期の急激な環境変 化に対して、新人がどのように適応してきた のかの詳細を明らかにすることを目的として いる。その一環として、本稿では、モンゴル北 部・フブスグル湖の堆積物の古環境解読を進め るなかで、最終退氷期(約15 ka~約0.8 ka)に おける堆積物中の硫黄含有量と硫黄同位体比 の変動の分析結果に焦点を当てて解析を行っ た結果(Katsuta *et al.*, 2019)を、考古遺跡の結 果(Iizuka 2019)と合わせて報告する。

### 堆積物コアと分析方法

本研究で使用した堆積物コアは、フブスグ ル湖の水深250 mで掘削された全長100 cmのグ ラビティコアHV05-St.2である(図1)。岩相は、 0-56 cmが軟泥質、56-90 cmが炭酸塩の粘土質 シルト、90-100 cmが炭酸塩シルトからなる。 堆積物コアは、1 cm毎に分割され、凍結乾燥 させた。堆積物コアの年代については、土壌 の放射性炭素年代(<sup>14</sup>C)が用いられ、500年の オフセットを補正したのち、較正年代に変換 した(Katsuta *et al.*, 2017)。



図1 (A) シベリア南東部、(B) セレンガ川流域の永久凍土 分布と(C)フブスグル湖.

PaleoAisa Project Series 27

粘土鉱物の含有量は、ストークスの法則に 従って2 $\mu$ m以下の懸濁物を抽出した後、エチ レングリコール処理、加熱処理 (500°C)、無 処理の定方位試料を用いて、XRD分析によっ て定量された (Moore and Reynolds, 1989)。 硫黄含有量 (TS) は、粉末試料のマイクロコー ダー分析によって決定された。硫黄同位体比 ( $\delta^{34}$ S) については、粉末試料のS-IRMS分析 によって求めた。また、堆積物の粒度測定は、 レーザー回折/散乱式粒度径分布測定装置が用 いられた。

### 結果と考察

スメクタイト/イライト (S/I) 比は、最終氷 期最盛期 (18.9~16.1 ka) や完新世 (10.0~0 ka) に比べて、最終退氷期の16.0~10.1 kaで一時的 に高い値を示す (図2)。Sakai *et al.* (2005) は、 過去25万年間のバイカル湖湖底堆積物の粘土 鉱物分析を通じて、氷期には低S/I比、間氷期 には高S/I比を示することを報告した。さらに、 Sakai *et al.* (2005) は、バイカル湖のセレンガ 川デルタで採取した片麻岩の風化礫の分析を 通じて、黒雲母やイライトが化学的風化を通じ てスメクタイトへの遷移を確認しており、S/ I比の増加は土壌水分量の増加を反映すること を示した。最終氷期最盛期(21 ka)には、セレ ンガ川流域周辺のシベリア永久凍土連続地帯 は、ゴビ砂漠まで南下していたことが、地形 学的証拠から明らかとなっている(Owen et al. 1998)。従って、最終退氷期におけるS/I比の一 時的な増加は、最終氷期最盛期から完新世に至 る遷移期の温暖化に伴うシベリア永久凍土の 融解で土壌水分量が上昇したことを示唆する。

HV05-St.2堆積物のTSは約13.7 kaと約11.0 ka でピークを示し、約13.7 kaの周辺では $\delta^{34}$ Sが 16.1~22.7‰、約11.0 kaでは28.9~34.0‰と高い 値を示す (図2)。これらの層準では、pyrite (FeS<sub>2</sub>)が検出された (図3)。また、これらの2 層準の粒径は、僅かな上方細粒化を示し、TS 濃度の上昇した層準がタービダイト層である ことを示唆する (図2)。

永久凍土の上位層には、部分的に融解した活 動層が存在し、そこではバクテリアによる硫酸 還元が生じている (Onstott *et al.*, 2009)。これ



図2 HV05-St.2の堆積記録。S/I比はスメクタイト/イラ イト比、TOCは全有機炭素量(Katsuta et al. 2017)、 Medianは堆積物粒子の中央粒径となる。灰色線は、 MWP1A (13.79 ka)とMWP1B (11.03 ka)を示す。



図3 XRDパターン。Qは石英、Cは方解石、Pはパイライ トを示す。

研究報告

最終退氷期におけるシベリア永久凍土の大規模融解と人類

~

の

影

により、硫酸イオンの $\delta^{34}$ Sは上昇、硫化水素 のδ<sup>34</sup>Sは低下を示し、その分別効果は30~60‰ である (Canfield and Thamdrup, 1994)。従っ て、約13.7 kaと約11.0 ka付近のδ<sup>34</sup>Sの上昇は、 流域の活動層から多量の<sup>34</sup>Sに富む硫酸イオン が流れ込んだことに起因すると見なすことが できる。その硫酸イオンは、現在のフブスグル 湖の水塊が年間を通じて酸化的な環境である ことから、集水域から湖底までの間に硫酸還元 による $\delta^{34}$ S分別効果を受けていないと見なさ れる。よって、集水域から多量の硫酸イオンが 湖に流れ込んだ結果、水塊中や湖底泥で硫酸還 元が生じ、約13.7 kaと約11.0 kaでTSの上昇と pyriteの存在が確認されたものと考えることが できる。その $\delta^{34}$ Sは16.1~34.0‰であることか ら、集水域からもたらされた硫酸イオンのδ<sup>34</sup>S はそれらの値以上であったと見なすことができ る。さらに、これらの時期に見られるタービダイ ト層は、フブスグル湖周辺の永久凍土が急激に 融解し、多量の水がフブスグル湖へ一時的に供 給され、それに伴って地すべりが生じたことに よると推察される。

図4に、ユーラシア内陸(フブスグル湖とバ イカル湖)と地球規模の古気候指標を示す。フ ブスグル湖のHV05-St.2堆積物に見られた約 13.7 kaと約11.0 kaの永久凍土融解期において は、湿潤環境を好むシベリアトウヒの森林がバ イカル湖周辺地域で広がっていた。これは、バ イカル湖の湖底堆積物のウラン含有量で示さ れる土壌水分量の増加でも支持される。また、 これらの時期は、南極氷床コアから復元された 大気CO2濃度とグリーンランド氷床コアの大気 CH₄濃度の増加、珊瑚による海水準が急激に増 加した時期とも対応する。これらの対応性は、 最終退氷期中の大陸氷床の急激な融解が、これ まで知られていた海洋循環変化とそれに伴う 温室効果ガス濃度の上昇だけでなく、ユーラシ ア内陸の土壌、生態系、水環境にも影響してき たことを示唆する。

こうしたBAとPB期に永久凍土の融解が加速 した証拠は、セレンガ流域東部に隣接するア ムール川流域 (Winterfield *et al.*, 2018) やべー リング海峡 (Meyer *et al.*, 2019) でも確認され ている。特筆すべき点は、トランスバイカル (セレンガ流域) やアムール流域の遺跡年代が、 BA及びPB期と対応することである (図5)。こ れは、BAとPB期の急激な温暖化に伴い、新人 の行動範囲がトランスバイカルやアムールな どの大陸内北方域に広がったと考えることが できる。

新人がアフリカからユーラシアに拡散した ルートは、アラビア半島からバイカル湖へ向か う北ルートと、インドや東南アジアの南ルート に分かれたと考えられている(Goebel, 2007)。 その時期は最終氷期にあたり、数十年の間に約 10°Cの急激な温暖期が数千年の間隔で生じた、 ダンスガードエッシュガーサイクル(DO)やハ インリッヒイベント(HE)と呼ばれる気候変動 が知られている。今回得られたBAやPB期の急



図4 シベリア内陸と地球規模の古気候記録の対比。Bは ベーリング温暖期、Aはアレレード温暖期、PBは プレボリアル温暖期を示す。灰色線は、MWP1A (13.79 ka)とMWP1B (11.03 ka)を示す。



図5 最終氷期から完新世に至るアムールとトランスバ イカルの遺跡分布 (lizuka 2019を一部改変)。赤字 はアムール、青字はトランスバイカルを示す。ア ムールの土器年代は、Goncharka-1が13.4~12.8 ka、Novotroitskoyeが13.5~13.0 ka、Gromatukhaが 12.6~12.1 ka、10.1~9.5 ka、8.2~8.0 kaを示す。ト ランスバイカルでは、Ust'-Karenga 12が13.6~13.3 ka、12.7~12.2 ka、Uts'-Kiakhtaが13.6~13.2 ka、Studenoeが13.0~13.3 ka、Uts'-Menza 1が 13.5~13.3 ka、Krasnaya Gorkaが7.3~7.0 kaの土器 年代を示す。

激な温暖期とトランスバイカルやアムールの遺 跡年代の対応性の発見によって、最終氷期の DOやHEに対応した寒冷期には新人が南ルート まで南下し、温暖期には北ルートまで北上した とする新たな仮説を提示できるかもしれない。

### 引用文献

- Canfield, D., Thamdrup, B., 1994. The production of <sup>34</sup>S-depleted sulfide during bacterial disproportionation of elemental sulfur. Science 266, 1973-1975.
- Goebel, T., 2007. The missing years for modern humans. Science 315, 194-196.
- Iizuka, F., 2019. The timing and behavioral context of the Late-Pleistocene adoption of ceramics in greater East and Northeast Asia and the first people (without pottery) in the Americas. PaleoAmerica 4, 267-327.
- Katsuta, N., Matsumoto, G. I., Hase, Y., Tayasu, I., Haraguchi, T. F., Tani, E., Shichi, K., Murakami, T., Naito, S., Nakagawa, M., Hasegawa, H., Kawakami, S.-I., 2019. Siberian permafrost thawing accelerated at the Bølling/Allerød and Preboreal warm periods during the last deglaciation. Geophysical Research Letters 46, 13961-13971.

- Katsuta, N., Matsumoto, G. I., Tani, Y., Tani, E., Murakami, T., Kawakami, S.-I., Nakamura, T., Takano, M., Matsumoto, E., Abe, O., Morimoto, M., Okuda, T., Krivonogov, S. K., Kawai, T., 2017. A higher moisture level in the early Holocene in northern Mongolia as evidenced from sediment records of Lake Hovsgol and Lake Erhel. Quaternary International 455, 70-81.
- Meyer, V. D., Hefer, J., Köhler, P., Tiedemann, R., Gersonde, R., Wacker, L., Mollenhauer, G., 2019. Permafrost-carbon mobilization in Beringia caused by deglacial meltwater runoff, sea-level rise and warming. Environmental Research Letters 14, 085003.
- Moore, D. M., Reynolds, R. C., 1989. X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. Oxford University Press, 332p.
- Onstott, T. C., McGown, D. J., Bakermans,
  C., Tuskeeniemi, T., Ahonen, L., Telling, J.,
  Soffientino, B., Pfiffner, S. M., SherwoodLollar, B., Frape, S., Stotler, R., Johnson, E. J.,
  Vishnivetskaya, T. A., Rothmel, R., Pratt, L. M.,
  2009. Microbial communities in subpermafrost
  saline fracture water at the Lupin Au mine,
  Nunavut, Canada. Microbial Ecology 58, 786807.
- Owen, L. A., Richards, B., Rhodes, E. J., Cunningham,
  W. D., Windley, B. F., Badamgarav, J., Dorjnamjaa,
  D., 1998. Relic permafrost structures in the Gobi of Mongolia: age and significance. Journal of Quaternary Science 13, 539-547.
- Sakai, K., Minoura, K., Soma, M., Tani, Y., Tanaka, A., Nara, F., Itoh, N., Kawai, T., 2005. Influence of climate fluctuation on clay formation in the Baikal drainage basin. Journal of Paleolimnology 33, 105-121.
- Winterfield, M., Mollenhauer, G., Dummann, W.,
  Köhler, P., Lembke-Jene, L., Meyer, V. D., Hefter, J.,
  McIntyre, C., Wacker, L., Kokfelt, U., Tiedemann,
  R., 2018. Deglacial mobilization of pre-aged
  terrestrial carbon from degrading permafrost.
  Nature Communication 9, 3666.

# 研究報告

# パキスタンThar砂漠堆積物の OSL年代による石器年代の制約

田村 亨 産業技術総合研究所

北川 浩之 名古屋大学

### 1. はじめに

パキスタン南東部のIndus河中流~下流域の 東岸は、東方のインドから続くThar砂漠の西縁 と接する. Indus河により下流まで運ばれた砂 がインド洋からのモンスーンに巻き上げられて 砂丘を作り、中流域まで運ばれてはまたIndus 河により下流に流されるというサイクルを繰り 返している地域である (East *et al.*, 2015). この 地域の砂漠表層には、中期~後期旧石器時代の 所産と推定される石器群が集中して散乱する箇 所があることが知られている (野口ほか, 2018). 南廻りルートでの新人ホモ・サピエンスの移住・ 拡散を考える時、遺跡の数が少ない南アジアに おいて重要な資料だが、砂丘上に散乱するとい う産状からこれまで年代の情報が得られていな かった (野口ほか, 2018).

鉱物に光の刺激を与えた時に発せられる 微弱な光(ルミネッセンス)を利用する光ル ミネッセンス(OSL: Optically Stimulated Luminescence)年代は、適用年代範囲が過去数 十年から数十万年と広範で、鉱物粒子(石英・ 長石)に直接適用できることから砂丘堆積物の 堆積年代の決定に用いることができる。上記の 石器が散乱するThar砂漠の砂丘堆積物に適用 することで、石器年代の上限を制約することが できる。

こうした背景から,H30年度にThar砂漠におい て現地調査を行い,砂丘堆積物試料を採取した. 今年度は,採取した堆積物試料に対してOSL年 代測定を行ったがその結果について報告する.

### 2. 研究地域と現地調査

研究地域は、Indus河中流域、パキスタン・ サッカルの西南西約80 kmに位置する(図1). インド西部から続く広大なThar砂漠の最西端 にあたり、西縁はIndus河の河川平野と接す る.この地域では南から北に吹くインド洋モ ンスーンにより移動した形態を示す比高数十 mの横列砂丘が分布するが、表面にはまばらな がら植生があり、現在の砂丘活動は活発では ない.

現地調査は、石器の散乱地点を含む2ヶ所の 横列砂丘を選び、それぞれ調査地1、2とした (図1).これら2つの砂丘以外に、横列砂丘間の くぼ地に石器が散乱する地点(P27)も調査地 点とした.研究地1では砂丘の移動方向の縦断 面と横断面を、研究地2では縦断面のみを、そ れぞれレーザー距離計True Pulse200を用いて 簡易測量した(図2).これら地形断面を作成し た測線上の8地点と地点P27において深度2.2 m までのトレンチ掘削を行った(図3).掘削地点 の内訳は、研究地1の縦断面がP5、9、13、横 断面がP20、23、研究地2がP28、32、34で、こ のうちP20、23、32、さらにP27の4地点で表面 に石器の散乱が認められる.

### 3. OSL年代測定

OSL年代は、ルミネッセンスの強度から求め られる鉱物粒子の放射線被爆量(蓄積線量),お よび単位時間あたりの放射線量(年間線量),の 2つの要素で決定される.蓄積線量を年間線量で 除することにより, 鉱物粒子の地層中での埋積 時間(地層の形成年代, OSL年代)が求められる. OSL年代(year) = 蓄積線量(Gy)/年間線量 (Gy/year)



図1 調査地の衛星画像. Thar砂漠西縁の2箇所で,横列砂 丘の上に測線を設定した. 南から北への移動により 形成された砂丘に対して,調査地1では縦断面と横断 面,調査地2では縦断面の測量を行った. 地点P20, 23,27,32の砂丘上に石器が散乱する. P27では直 下のOSL年代を示す. 黒字は最表層の年代.

### 3-1. 試料の採取

鉱物粒子が埋積中に蓄積されたOSLは太陽光 等にあたると放出してしまうため,年代測定試 料は遮光状態で採取する必要がある.試料は直 径4~5 cmで長さ15cmの塩ビ管をトレンチ壁面 に水平に打ち込むことにより採取した.地点ご とに異なる深度から最大4点の試料を採取した. 測定試料の合計点数は27点である.

### 3-2. 試料の調整

塩ビ管で採取した堆積物試料のうち, 試料管 の両端1~2 cmは露光のおそれがあるため含水 率測定とICP-MSによる元素(U, Th, Rb, K) 濃度の測定に用い.残りの中央部をルミネッセ ンス測定に用いた.元素濃度の測定に用いた試 料は、乾燥させてミルにより粉末にし、オースト ラリアのSGS Minerals Serviceに分析を依頼し た、ルミネッセンス測定用試料の調整は、全て 暗室内で赤色光下において行った. 試料は全て 砂から成るため、塩酸と過酸化水素により炭酸 塩鉱物と有機物を取り除いた後. 乾式の篩によ り粒径180~250µmの粒子を抽出した. さらに. ポリタングステン酸ナトリウム (SPT) を水に溶 解させた重液により、比重2.53~2.58の粒子、お よび比重2.58~2.70の粒子を抽出した. 比重2.53 ~2.58の粒子はそのままカリ長石としてOSL測定 に用い. 2.58~2.70の粒子はさらにフッ酸でエッ チング処理を行った上に180umの篩にかけるこ とで石英のみを抽出した.抽出した試料は直径 9.8mmのステンレスディスクの上にシリコンスプ レーでのり付けし、測定に用いた.

### 3-3. ルミネッセンス測定

ルミネッセンス測定は、産業技術総合研究所 地質調査総合センターのルミネッセンス年代測 定装置TL-DA-20 Risø readerを用いて行った. この装置には、青色LEDおよび赤外線LEDと <sup>90</sup>Sr密封ベータ線源が備わっている.青色LED は石英試料の励起に用い、赤外線LEDはカリ長 石試料と、細粒の多鉱物試料の励起に用いる. <sup>90</sup>Sr密封ベータ線源は試料への放射線照射に用 いる.

制

約

石英のルミネッセンスの測定では光学フィル ター(U-340)を通すことで波長400nm以下の 光を光電子倍増管(フォトマル)で測定し,青 色LEDの励起光を遮断する.試料は220℃まで 加熱(プレヒート)された後,一旦冷却して再 び125℃まで加熱して青色LEDにより励起し, 光励起ルミネッセンス(Optically-Stimulated Luminescence, OSL)を得る.励起時間は20秒 で,OSL信号のサンプリング間隔は0.1秒間隔で ある.測定されるOSL信号において,最初の0.5 秒間を平均し,最後の5秒間の平均から得られ るバックグラウンド強度を差し引くことにより, OSL強度とする. 蓄積線量測定の手順は, SAR (Single Aliquot Regenerative) プロトコル (表1; Murray and Wintle, 2000) を用いた. この方法 では, 試料からの自然のOSLを測定した後, 放 射線を照射して再生OSLの測定 ( $L_x$ ) を行うサイ クル繰り返して検量線を描き, その検量線にお いて自然のOSLの強度に対応する蓄積線量を求 める. SAR法では, サイクルの度に一定の線量 の放射線を照射してOSL強度 ( $T_x$ )を測定して OSL強度の正規化を行い ( $L_x/T_x$ を求める), OSL



図2 砂丘の地形断面と掘削地点の地下で得られたOSL年代.上から下に,より深部の年代を示し,全ての 地点で層序と整合的な結果が得られた.太字は遺物直下の年代を示す.掘削深度は最大で220 cm.



図3 (左) 砂丘上に散乱する石器. (右) OSL年代試料掘削のためのトレンチ,深さ200 cm. 調査地1の地点P20.

PaleoAisa Project Series 27

表1 石英SAR OSL法の測定手順.

ステップ		
1	プレヒート 10秒間	
2	青色光励起(125℃, 20秒間)	Lx
3	ベータ線照射	
4	カットヒート	
5	青色光励起 (125°C, 20秒間)	Тx
6	ペータ線照射・ステップ1へ戻る	

### の感度変化を補正する.

カリ長石ルミネッセンスの測定では、Schott BG3 (厚さ3 mm), BG39 (2 mm), GG400 (3 mm),の3枚の光学フィルターを通過した青~ 紫色の成分をフォトマルで測定し、赤外線LED の励起光を遮断する.得られるルミネッセン ス信号は、赤外励起ルミネッセンス (Infrared-Stimulated Luminescence, IRSL) と呼ばれる. IRSLの青~紫色成分は、大部分がカリ長石から の信号とされる (Huntley et al., 1991). 試料は プレヒートを加えた後、50℃まで加熱して赤外 励起してIRSLを得て、さらに150℃まで加熱し て再び赤外励起することにより、post-IR IRSL (pIRIR)を得る. これら信号の略称は、測定時 の加熱温度をつけて、50℃のIRSLはIR<sub>50</sub>, 150℃ のpIRIRはpIRIR<sub>150</sub>と示す.励起時間はIR<sub>50</sub>, pIRIR<sub>150</sub>ともに 100秒間である. 信号のサンプリ ング間隔は0.1秒間隔である. 測定される信号の うち最初の2秒間の平均から最後の20秒間の平均 によるバックグラウンド強度を差し引き, IR<sub>50</sub>お よびpIRIR<sub>150</sub>強度とする. ルミネッセンス測定の 手順は、pIRIR法のためのSAR (Single Aliquot Regenerative) プロトコル (表2; Buylaert et al., 2012) を用いた. 長石のルミネッセンス信号 では, anomalous fading (以下フェーディング とする)という現象により年代値の過小評価が 起こることが問題だが、pIRIR法ではIR<sub>50</sub>により フェーディングの大きい信号を除去し、pIRIRに おいてフェーディングの影響の小さい信号のみ を得ることが可能である (Thomsen et al., 2008). カリ長石については、フェーディングテストを Auclair et al. (2003) に従い行った. ブリーチし た試料に対して蓄積線量に近い既知の線量を与 え,数十時間までの時間差をおいて,IR50および

pIRIR<sub>150</sub>の信号を測定し,時間の経過に伴い失われるルミネッセンス信号の割合を見積もった. フェーディングの割合は,Huntley and Lamothe (2001) に従い, g<sub>2days</sub>値で表した.

### 3-4. 年間線量・フェーディング補正・年代値

年間線量は、堆積物中に含まれる天然の放射 性核種の濃度と宇宙線強度に基づいて算出し た. 放射性核種による線量は、ICP-MSによる4 元素 (U, Th, Rb, K)の濃度から、Adamiec and Aitken (1998)の変換係数に従って求めた. ベータ線およびアルファ線減衰係数は、それぞ れMejdahl (1979), Bell (1980)に基づく、ア ルファ線効率 (a-value: 0.15) は、Balescu and Lamothe (1994) による. また、カリ長石のK濃 度は12.5±0.5 % (Huntley and Baril, 1997) とし た. 宇宙線量は、Prescott and Hutton (1994) から求めた.

ルミネッセンス年代は、蓄積線量を年間線量で 割ることにより求めた.カリ長石および多鉱物の 試料から得られた年代値は、フェーディングテス トで得られたg<sub>2days</sub>値から,Huntley & Lamothe (2001)の手法に従い、R Luminescence Package (Kreutzer *et al.*, 2012; Fuchs *et al.*, 2015)を用い てフェーディング補正を行った.

### 4. 結果と考察

石英試料をSAR法により測定した所,信号 が弱く年代測定に適さないOSL成分が卓越し, また通常の石英には見られないIRSLの発生が 顕著に認められることから長石粒子の残留や 石英結晶内への長石の混入が考えられた.こ

表2 pIRIR法の測定手順.

ステップ		
1	プレヒート 60秒間	
2	赤外光励起(50°C, 100秒間)	Lx IR <sub>50</sub>
3	赤外光励起(150℃,100秒間)	Lx pIRIR150
4	ベータ線照射	
5	プレヒート 60秒間	
6	赤外光励起(50°C, 100秒間)	Tx IR <sub>50</sub>
7	赤外光励起(150°C, 100秒間)	Tx pIRIR150
8	ベータ線照射・ステップ1へ戻る	

のことから石英OSLによる年代決定は行わな かった.一方のpIRIR<sub>150</sub>では非常に明るい信号 が得られ,また,フェーディングの割合 (g<sub>2days</sub> 値) も低く抑えられ,安定していることから年 代測定に適していることが確認された.

得られた27点のpIRIR<sub>150</sub>年代のうち19点は 7,500~11,000年前,2点が4,000~6,500年前,表 層50 cm以内から採取された6点が500年より若 い結果となった(図2,4).このことから,基 本的に完新世前期のインド洋モンスーンの弱 化(Gupta *et al.*, 2003)に呼応してこの地域の横 列砂丘は固定され,以後は限定的にしか再活動 していないといえる(図4).P20,P23,P27, P32における遺物直下の年代はそれぞれ9.6±0.4 ka(ka:千年前),6.2±0.4 ka,8.6±0.5 ka,9.2 ±0.6 kaとなった.こうした年代の違いは,地 点ごとに遺物の年代が違うことを示している 可能性もあるが、遺物の年代の上限であること から、最も若い地点P23の年代より、この地域 ではこれらの石器が少なくとも完新世の中ご ろまで生産・使用されていた可能性が示唆され る. 当初旧石器時代の所産と考えられた石器 群だが、完新世前半、無土器新石器~土器新石 器時代並行のものである可能性が確認された.

### 5. おわりに

パレオアジアプロジェクトの開始から4年目 となり、Thar砂漠だけでなく各地の遺跡での OSLデータが集まっている.Thar砂漠で年代 決定に望ましくない石英OSLの特性が認められ たように、遺跡堆積物におけるOSL特性など地 域多様性が明らかになり、またそれに応じた鉱



図4(上)本研究で得られたOSL年代の累積頻度分布.大半が7500~11000年前の前期完新世に集中する.白抜きの点は, 石器散乱地点直下の年代を示す.(下)浮遊性有孔虫*Globigerina bulloides*の量比により示される前期完新世以降のイ ンド洋モンスーンの弱化(Gupta et al., 2003). Thar砂漠の砂丘堆積物の年代が前期完新世に集中するのは,モンスー ンの弱化により砂丘が固定されたためと考えられる.

パキスタンThar砂漠堆積物のOSL年代による石器年代の制

約

物や粒度の選択を行うことで妥当と考えられ る年代測定結果が得られるようになっている. 来年度以降も引き続き、結果に至るプロセスを 示しながら成果発表を行うことで、考古学にお いてOSL年代測定がより適切に用いられるよう になることが期待される.

### 引用文献

- Adamiec, G., Aitken, M., 1998. Dose-rate conversion factors: update. Ancient TL 16, 37-50.
- Auclair M., Lamothe M. and Huot S., 2003. Measurement of anomalous fading for feldspar IRSL using SAR. Radiation Measurements 37, 487-492.
- Balescu S., Lamothe M., 1994. Comparison of TL and IRSL age estimates of feldspar coarse grains from waterlain sediments. Quaternary Science Reviews 13, 437-444.
- Bell W. T., 1980. Alpha dose attenuation in quartz grains for thermoluminescence dating. Ancient TL 12. 4-8.
- Buylaert J. P., Jain M., Murray A. S., Thomsen K. J., Thiel C. and Sohbati R., 2012. A robust feldspar luminescence dating method for Middle and Late Pleistocene sediments. Boreas 41, 435-451.
- East, A.E., Clift, P.E., Carter, A., Alizai, A., Van Laningham, S., 2015. Fluvial-eolian interactions in sediment routing and sedimentary signal buffering: an example from the Indus Basin and Thar Desert. Journal of Sedimentary Research 85, 715-728.
- Fuchs MC, Kreutzer S, Burow C, Dietze M, Fischer M, Schmidt C, Fuchs M, 2015. Data processing in luminescence dating analysis: an exemplary workflow using the R package 'Luminescence'. Quaternary International 362, 8-13.
- Huntley D. J., Godfrey-Smith D. I. and Haskell E. H., 1991. Light-induced emission spectra from some quartz and feldspars. Nuclear Tracks and Radiation Measurements 18, 127-131.
- Huntley DJ and Baril MR, 1997. The K content of the K-feldspars being measured in optical dating

or in thermoluminescence dating. Ancient TL 15, 11-13.

- Huntley D.J. and Lamothe M., 2001. Ubiquity of anomalous fading in K-feldspars and the measurement and correction for it in optical dating. Canadian Journal of Earth Science 38, 1093-1106.
- Kreutzer S, Schmidt C, Fuchs MC, Dietze M, Fischer M, Fuchs M, 2012. Introducing an R package for luminescence dating analysis. Ancient TL 30. 1-8.
- Mejdahl V., 1979. Thermoluminescence dating: betadose attenuation in quartz grains. Archaeometry 21, 61-72.
- Murray, A.S., Wintle, A.G., 2000. Luminescence dating of quartz using an improved singlealiquot regenerative-dose protocol. Radiation Measurements 32, 57-73.
- 野口 淳・北川浩之・三木健裕・Carla Lancelotti・ Ghulam M. Vessar · Tasleem Abro · Marco Madella, 2018. インダス平原北部における考古学・ 古環境総合調査 - JASPAR (日パ西考古学共同調 査) 2018-01. パレオアジア文化史学第5回研究大会 講演要旨集, 28-29.
- Prescott J. R. and Hutton J. T., 1994. Cosmic ray contributions to dose rates for luminescence and ESR dating: large depths and long-term time variations. Radiation Measurements 23, 497-500.
- Thomsen K. J., Murray A. S., Jain M. and Bøtter-Jensen L., 2008. Laboratory fading rates of various luminescence signals from feldspar-rich sediment extracts, Radiation measurements 43, 1474-1486.

制

約

# 中期~後期旧石器時代の移行期の炭素14年代測定 プロトコルの確立:2019年度研究活動報告

### 山根 雅子 名古屋大学 宇宙地球環境研究所

### はじめに

中期~後期旧石器時代の移行期 (MP/UP移 行期;5万年前から3万年前頃)は、西アジアで は旧人ネアンデルタール人から現生人類ホモ・ サピエンスへの交替期である。この時代は炭 素14年代の測定法が適用できる限界 (およそ5 万年前)に近く、試料に含まれる元々の炭素14 は僅かな量にまで減っている (図1)。したがっ て、二次的に混入した炭素の影響を大きく受 けるため (図2)、炭素14年代結果についての十 分な検討が必要である。

公募研究「中期~後期旧石器時代の移行期の 炭素14年代測定プロトコルの確立」では、1)二 次的な炭素の除去法の有効性の検証、並びに、 除去しきれていない炭素量の評価法の開発、2) 得られた年代値の評価が可能な参照用試料の整 備、3)以上を踏まえた考古試料の測定プロトコ ルの作成と公開、4)パレオアジア文化史学プロ



図1 試料に元々含まれる炭素14の数の経過時間による変 化。5,730年経つごとに、炭素14の数は半分に減っ ていく。およそ28,500年経過した試料に含まれる炭 素14の数は32分の1に減り、およそ51,500年経過し た試料では512分の1にまで炭素14の数が減る。

ジェクトの枠組みの下で行われる遺跡発掘で得 られた試料に対する信頼性のある炭素14年代測 定の実施を通して、年代測定法の進展、並びに、 アジア地域における中期~後期旧石器時代の編 年の再構築に寄与することを目的としている。

2019年度の研究活動報告として、第7回及び 第8回研究大会での研究発表の概要、並びに、 パレオアジア文化史学プロジェクト試料の炭素 14年代依頼測定の実施状況について報告する。

### 第7回研究大会での研究発表

2019年5月11、12日に名古屋大学で開催され た第7回研究大会では、「中期~後期旧石器時 代の移行期の炭素14年代測定プロトコルの確 立」というタイトルで、口頭発表、並びに、ポ スター発表を行い、本公募研究の目的や研究計 画等の簡単な紹介を行った。また、後述する パレオアジア文化史学プロジェクト試料の炭 素14年代依頼測定の試料募集の告知も行った。



図2 様々な割合で現代炭素の混入が起きた場合の真の炭素 14年代と測定で得られる炭素14年代の差。真の炭素 14年代が古いほど、僅かな現代炭素の混入でも測定で 得られる炭素14年代が大きくずれる。

### 第8回研究大会での研究発表

2019年12月14、15日に国立民族学博物館で開 催された第8回研究大会では口頭発表を行った。 当初は「骨と炭化物の炭素14年代測定のための前 処理についての検討」という発表を予定していた が、先行研究のレビューを重ね、思索を深めるう ちにアイディアが閃き、実際には「炭化物の炭素 14年代測定のための前処理法のレビュー、並び に、新規アイディアの提案」という内容の発表を 行った。発表内容の概要は以下のとおりである。

試料への二次的な炭素の混入は、フィールド から年代測定機関のラボに至るまでの全ての 段階で起こり得る。試料の発掘・保管時に起こ る混入は気を付けることで最低限に抑えるこ とができる(例えば、Yates et al., 2015)。しか し、試料の埋没・堆積時に起きた二次的な混入 は、試料毎に混入量が異なり、混入した炭素の 炭素14濃度も分からない。この埋没・堆積時の 二次的な混入を取り除くために、ラボでは様々 な物理的・化学的処理が行われる。この一連 の処理では、二次的な炭素だけではなく、元々 試料に含まれる炭素も一部破壊されてしまう。 また、処理の過程でも、二次的な炭素の混入が 起こるため、試料毎に適切な処理方法を検討 し、選択する必要がある。

炭化物で最も用いられる処理方法は、酸-塩 基-酸(acid-base-acid: ABA)法である。最初 の酸処理で炭酸塩を除去し、塩基処理で腐植物 質を除去し、最後の酸処理で中和及び表面吸着 したCO<sub>2</sub>の除去を行う。ABA法を適用した試 料では、予想される年代よりも、若い炭素14年 代が出ることがあり、腐植物質が完全に除去で きていない可能性が指摘されている。

ABA法に代わり有効とされている方法が、酸 - 塩基 - 湿式酸化 - 段階燃焼 (acid-base-wet oxidation-stepped combustion: ABOX-SC)法 (Bird et al., 1999)である。湿式酸化の過程で腐 植物質を徹底的に除去する。ABOX-SC法で得 られる年代は、ABA法による年代よりも古く、 別の年代測定法により得られた年代データと整 合的な結果が得られている(例えば、Higham et al., 2009)。特に、2~3万年前よりも古い試料に 有効とされている。しかし、Bird et al. (2014) は、炭化物試料の炭化温度が300℃程度と低く、 熱分解が不十分な場合は、二次的に混入した炭 素を取り除くことは出来ないと報告している。

現時点では、炭化物試料から二次的に混入 した炭素を完全に取り除くことは難しく、もっ ともらしい年代(すなわち、試料オリジナルの 年代)であるかの判断には、他の年代測定法に よる年代データが必要である。この問題を解 決するために、試料中に含まれる混入物の割合 と、試料の炭素14濃度から、試料オリジナルの 年代を数学的に解くアイディアを提案した。

### パレオアジア文化史学プロジェクト試料 の炭素14年代依頼測定の実施状況

名古屋大学宇宙地球環境研究所「加速器質量 分析装置等利用(委託分析)」の枠組みに準じ て、当該プロジェクト試料の炭素14年代依頼測 定を実施した。試料の処理及び測定の効率化 を図るため、期間毎に対象とする試料の種類を 設定した(表1)。第7回研究大会及び第8回研究 大会で、依頼測定の試料募集の告知を行った。 これに加えて、2019年5月27日、同年8月30日、 2020年1月7日の3回にわたり、サークルスクエ アを通して、依頼測定の案内メールをプロジェ クトメンバー全員に一斉送信した。

プロジェクト試料の炭素14年代依頼測定には 4件の応募があり、依頼試料の総数は61試料に

表1 炭素14年代依頼測定の期間と対象とした試料の種類。

期間(依頼締め切り日)	対象とした試料の種類
第1期(2019年6月7日)	木材
第2期(2019年9月6日)	炭化物
第3期(2020年1月10日)	炭化物、骨(保存状態の良い試料)、貝

上った。試料の種類は、炭化物(炭化骨を含む) が42試料、骨及び歯が19試料であった。名古屋 大学宇宙地球環境研究所にて炭素14測定のため の試料調整を行い、同研究所が運営するHVEE 社製3MVタンデトロン加速器質量分析装置で 炭素14測定を実施した。依頼試料とともに試料 調整と炭素14測定を行った標準試料や参照試料 の測定結果から、試料調整の過程で混入した炭 素の量の評価や分析装置の安定性の検討を行っ た。これらの影響を考慮した上で、依頼試料の 炭素14年代を計算し、依頼者に報告した。

### おわりに

今年度は試行実験に多くの時間を費やした が、研究計画の最終年度である来年度は、研究 成果を形にすることに注力する。プロジェクト 試料の炭素14年代依頼測定は来年度も実施する 計画である。今年度は試料の種類毎に受け入れ 期間を設けていたが、来年度はフレキシブルな 試料受け入れ体制を取りたいと考えている。

### 謝辞

炭素14測定のための試料調整では名古屋大 学宇宙地球環境研究所の北川浩之教授に、加速 器質量分析では同研究所の中村俊夫招聘教授 の支援を受けた。ここに感謝を記す。

### 参考文献

- Bird *et al.* (1999) Radiocarbon Dating of "Old" Charcoal Using a Wet Oxidation, Stepped-Combustion Procedure. *Radiocarbon*, 41, 127-140.
- Bird et al. (2014) The efficiency of charcoal decontamination for radiocarbon dating by three pre-treatments – ABOX, ABA and hypy. Quaternary Geochronology, 22, 25-32.
- Higham *et al.* (2009) Problems with radiocarbon dating the Middle to Upper Palaeolithic transition in Italy. *Quaternary Science Reviews*, 28, 1257–1267.
- Yates *et al.* (2015) Residue radiocarbon AMS dating review and preliminary sampling protocol suggestions. *Journal of Archaeological Science*, 61, 223-234.

# ホモ・サピエンスのアジアへの拡散モデルの構築 (2) —気候・環境への適応

# ホモ・サピエンスのアジアへの拡散モデルの構築(2) 一気候・環境への適応

### 北川浩之 名古屋大学宇宙地球環境研究所

### はじめに

東アフリカを起源とする現生人類ホモ・サ ピエンスが更新世中期後期(200-150 ka)に 誕生し、後期更新世の終焉(50-40 ka)まで にユーラシア大陸に分布したと考えられてい る(Willoughby, 2007; Petraglia *et al.*, 2010; Stringer, 2011, Stringer, 2014)。人骨化石の形 質データ、遺伝、考古、および古環境データを 包括的に検討することで、初期現生人類の拡 散過程について検討がなされてきた。しかし、 拡散の開始時期、拡散回数、拡散ルートなど を規定する要因について、未だ議論の余地が 残されている。

北アフリカにおける考古学・古環境データ によると、中期旧石器時代の遺跡では、河川 で結ばれている地点を除いて、近隣地域におい て技術面(利用されていた石器の特徴など)で の類似性が認められる(Scerri et al., 2014)。居 住地の環境は、人口動態に影響する一次生産と 関連するだけでなく、サハラ・アラビア乾燥地 帯での拡散を制限するという説が論じられて いる(Blome et al., 2012; Darke et al., 2011)。サ ハラ・アラビア乾燥地帯では、気候条件が類 似している地点では技術的な類似性(文化の共 通性)が認められ、気候変動に伴う居住地域の 環境がホモ・サピエンスの拡散(あるいは移住) に関係した可能性が考えられる。

気候の類似性、ホモ・サピエンスの環境適応に着目した拡散について検討することで、本来ホモ・サピエンスに備わっている環境適応能力を明確にできれば、拡散の開始時期、拡散回数、拡散ルートにつての理解を促すことに貢献できる。人骨化石の形質データ、遺伝、

考古データから想定される拡散の開始時期、拡 散回数、拡散ルートと比較することで、環境適 応に必要となる生活様態(技術やライフスタイ ル)の変化についての新たな知見が得られる。 本研究では、エージェント・ベース・モデル を用い、「環境適応」に注目した現生人類の拡 散について検討を行った。

### 人類の移住の意思決定の基本

今回用いたモデルで考える人類の移住は、 「移住先の地点の環境に適応できる場合に限っ て移住する」が基本となっている。人類集団は 居住している地点の環境と大きく異なる地域 への移住が制限されることになる。また、人 類集団が容易に移住できる地域とは文化的な 共通点がある地域とも考えられる。

図1は、移住先の環境に制約される場合(右) とされない場合(左)の移住について示してい る。居住地の環境に制約されない(あるいは、 環境適応能力が高い)人類集団は自由に他の 地域に移住可能である。限られた環境でしか 居住できない人類集団は、特定の居住環境の 地域にしか移住できなく、拡散ルートが限定 されることになる。

### シミュレーションの方法

先に述べた人類の移住の意思決定を基本と したエージェント・ベース・モデル (ABM) を作成し、試験的なシミュレーションを行っ た。本シミュレーションでは、以下の4点を考 慮した。

(1) 次に移住する位置が確率的に無作為に決定



図1 人類の移住モデル。赤い地点で居住していた人類集団が移住する場合を模式的に示す。黄色で示される地域には人類集団は移住可能である。(右)居住地の環境に制約されない(あるいは、環境適応能力が高い)人類集団は自由に他の地域に移住可能である。(左)限られた環境でしか居住できない人類集団は、特定の地域にしか移住できない。

されるランダムウォークを基本とする。

- (2)海路での移動は考えない(陸路を検討)。 ただし、~50 kmの海峡を渡ることが可能 である(50 km/stepで計算するので、沿岸 の人間集団は対岸までの距離が50 km以下 である場合は、海を渡ることが可能であ る)。
- (3) 50 km/stepで計算する(計算時間の制約)。 Stepを1年とすれば、50 kmの移動に1年が 必要となる。出アフリカ後、アジアに到着 (環境因子による居住の制約条件なし)には 約15,000 step(年)が必要となる。移動距 離は50 km×15,000 step=75万km(地球一 周は4万km)となる。移住にかんして指向 性なしの拡散では東・東南アジアへの移動 は容易でない(長距離移動が必要)。短時間 でアジアに移住したとすると、何かしら、 「強い意志」あるいは「制約」を想定する必 要がある(移動を制約する要因がある)。
- (4) 最終氷期(LGM)の環境因子はglobal climate model (CCSM4)のダウンスケールデータ セット (~20km×20km)を利用した。完新 世 (Holocene)の環境因子は気象観測デー タ (~1960-1990)の再解析データセット (~20km×20km)を利用した (Hijmans *et al.*, 2005)。
- (5) 人間集団は移住先の環境に適応できたとし、

その次の移動はその地域との環境条件を基 準に移動を行う。過去に適応できた環境条 件には左右されない(マルコフ過程:未来の 移住先が現在の環境だけで決定される)。

### 結果

### 人類集団が環境に居住移住が制約されない移住

図2には、本シミュレーション結果の例とし て、東アフリカ (35°E, 5°N) に居住していた3 つの人類集団が環境に移住が制約されない条 件で拡散した場合のシミュレーションの結果 を示す。最終氷期には、海水準が低下し、アラ ビア半島南西部のイエメンと東アフリカのエ リトリア、ジブチ国境付近の海峡であるバブ・ エル・マンデブ海峡付近での人類の拡散は活 発になり、アラビア半島への移住が促される。 居住地の環境にだけでなく、陸・海の分布に も影響を受ける。

### 人類集団が環境に居住移住が制約される移住

最終氷期の気候の状態で、年間降水量が± 20%、年間平均気温が±0.5℃、±1.0℃だけ変 化しても人類集団が移住できると仮定して、人 類集団の拡散をシミュレーションした結果を 図3に示す。図3で示されるように、人類集団 が適応可能な年間平均気温の違い(±0.5℃、± 1.0℃)によって移住する地域の分布に違いが認



図2 東アフリカ (35E, 5N) に居住していた 3 つの人類集団が環境に移住に制約されない条件で拡散し た場合のシミュレーション (条件: 50km/step、20,000steps、200 集団)

められる。環境適応能力によって、人類は拡 散する地域、時には拡散ルートに違いがある 可能性がある。

アジア各地域に居住する人間集団の移住

最終氷期の気候状態のもとで、アジア各地に 居住する人間集団が、年間降水量が±5%、年 平均気温が±0.5℃の地域には移住可能として シミュレーションの結果を図4に示す。シミュ レーションでは、30°E-130°E、10°N-50°N の10°ごとの地点に人間集団が居住していたと している。本条件で満たす地域が居住地域の 周辺に広がっている場合、異なる地域の居住し ていた人間集団が1つとなる。また、地域に よっては、他の人類集団との接触が環境によっ て制約され、孤立した人間集団となる可能性は 示唆されている。現段階では、さまざまな環 境制約条件でのシミュレーションができてい ないので不確かさが残されるが、最終氷期の 気候状態では、いわゆる南ルートでの拡散は 非常に困難である。この南ルートでの拡散は 非常に困難である。この南ルートでの拡散に は、あらたな環境へ適応する能力(環境適応能 力)の獲得は必要であると予察される。また、 図4に示されるように、ヨーロッパと比較して。 東南・東アジア地域では、パッチ状の分布を 示す傾向がある。ヨーロッパと東南・東アジ ア地域の文化的な違いは、居住可能な(いいか えれば移住可能な)地域の環境による制約によ



図3 最終氷期の気候の状態で、年間降水量が±20%、年間平均気温が0.5℃(右)、1.0℃(左)変化して も居住可能な人類集団の居住地域(東アフリカ(30E, 5N)を基点として。、100の人類集団が2000 steps移住した場合の分布域)

る人間集団の交流の違いによる可能性がある。 東アジア地域の文化的な多様性を説明する、1 つの要素である可能性がある。

### まとめ

今回適用したモデルを使ったシミュレー ションをさまざまな条件で行うことで、ホモ・ サピエンスのアジアへの拡散について検討す ることが可能である。本稿では、限られた環境 適応の制約条件のもとで得られた結果につい て示した。現在、さまざまな環境適応の制約 条件でのシミュレーションを行っている。そ の結果については別途まとめる予定である。



図4 最終氷期の気候状態で、年間降水量と年平均気温が それぞれ±5%、±0.5℃の地域には居住できると 仮定して、30E-130E、10N-50Nの10度ごとの地点 を基点とする人類集団の拡散をシミュレーションの 結果。基点にいって、限定的な広がりをもつ場合と、 他の基点と結びつく場合がある。アジア地域では、 パッチ状になり人的交流は制限される。

### 引用文献

- Blome MA, Cohen AS, Tryon CA, et al. (2012)
- The environmental context for the origins of modern human diversity: a synthesis of regional variability in African climate 150,000– 30,000 years ago. J Hum Evol 62: 563-592.
- Drake NA, Blench MA, Armitage SJ, *et al.* (2011) Ancient watercourses and biogeography of the Sahara explain the peopling of the desert. Proc Natl Acad Sci USA 108: 458-462.
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones P, Jarvis A (2005) Very high resolution interpolated

climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 25 (15) : 1965-1978

- Petraglia MD, Haslam M, Fuller DQ, et al. (2010). Out of Africa: new hypotheses and evidence for the dispersal of Homo sapiens along the Indian Ocean rim. Ann Hum Biol 37: 288 - 311.
- Scerri EML, Drake NA, Jennings R, *et al.* (2014) Earliest evidence for the structure of Homo sapiens populations in Africa. Quat Sci Rev 101: 207-216.
- Stringer C. (2011). The origin of our species. London: Penguin.
- Stringer C. (2014) . Why we aren't all multi regionalists now. Trends Ecol Evol 29: 248-251.
- Willoughby PR. (2007) The evolution of modern humans in Africa; a comprehensive guide. New York: Altamira.

# 2019年度研究成果

### 【著書・論文・雑誌】

- Miki, T., Kuronuma, T. and Kondo Y. (2019) Burial landscape of Bāt during the Um An Nar Period: Reconsideration through spatial statistics. *The Journal of Oman Studies* 20,48-77.
- Yamane, M., Yokoyama, Y., Hirabayashi, S., Miyairi, Y., Ohkouchi, N. and Aze, T. (2019) Small- to ultra-small-scale radiocarbon measurements using newly installed single-stage AMS at the University of Tokyo. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B 455, 238-24.
- Yokoyama, Y., Miyairi, Y., Aze, T., Yamane, M., Sawada, C., Ando, Y., de Natris, M., Hirabayashi, S., Ishiwa, T., Sato, N. and Fukuyo, N. (2019) A single stage Accelerator Mass Spectrometry at the Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, 455, 311-316.
- Nomaki, H., Uejima, Y., Ogawa, N.O., Yamane, M., Watanabe, H. K., Senokuchi, R., Bernhard, J. M., Kitahashi, T., Miyairi, Y., Yokoyama, Y., Ohkouchi, N. and Shimanaga, M. (2019) Nutritional sources of meio- and macrofauna at hydrothermal vents and adjacent areas: natural-abundance radiocarbon and stable isotope analyses. *Marine Ecology Progress Series*, 622, 49-65.
- Prothro, L. O., Majewski, W., Yokoyama, Y., Lauren M. Simkins, L. M., Anderson, J. B., Yamane, M., Miyairi, Y. and Ohkouchi, N. (2020) Timing and pathways of East Antarctic Ice Sheet retreat. *Quaternary Science Reviews* 230, 106166.
- Naito, Y. I., Yamane, M. and Kitagawa, H. (2020) A protocol for using ATR - FTIR for pre - screening ancient bone collagen prior to radiocarbon dating.

# *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, doi: 10.1002/rcm.8720.

- Katsuta, N., Matsumoto, G. I., Hase, Y., Tayasu, I., Haraguchi, T. F., Tani, E., Shichi, K., Murakami, T., Naito, S., Nakagawa, M., Hasegawa, H. and Kawakami, S.-I. (2019) Siberian permafrost thawing accelerated at the Bølling/Allerød and Preboreal warming events during the last deglaciation. *Geophysical Research Letters* 46, 13961-13971.
- Kuma, R., Hasegawa, H., Yamamoto, K., Yoshida, H., Whiteside, W., Katsuta, N. and Ikeda, M. (2019) Biogenetically induced bedded chert formation in the palaeo-lake of the Green River Formation. *Scientific Report* 9, 16448.
- Naito, S., Katsuta, N., Kawakami, S.-I., Koido, Y., Shimono, H. (2019) Late Holocene climatic impact on vegetation and human activity in central Japan, recorded in sediment at Arao-Minami archaeological site, northwestern Nobi Plain. *Quaternary International* 519, 144-155. https://doi. org/10.1016/j.quaint.2019.04.019.
- Katsuta, N., Takano, M., Sano, N., Tani, Y., Ochiai, S., Naito, S., Murakami, T., Niwa, M. and Kawakami, S.-I. (2019) Quantitative micro-X-ray fluorescence scanning spectroscopy of wet sediment based on the X-ray absorption and emission theories: Its application to freshwater lake sedimentary sequences. *Sedimentology* 66, 2490-2510. DOI: 10.1111/SED.12603
- 勝田長貴(2019) 最終氷期におけるバイカル湖地域の気 候変動と人類史への影響.考古学ジャーナル, 725, 28-31.
- Katsuta, N., Takano, M., Sano, N., Tani, Y., Ochiai, S., Naito, S., Murakami, T., Niwa, M. and Kawakami,

S.-I. (2019) Quantitative micro-X-ray fluorescence scanning spectroscopy of wet sediment based on the X-ray absorption and emission theories: Its application to freshwater lake sedimentary sequences. Sedimentology 66, 2490-2510. DOI: 10.1111/SED.12603.

- 矢野興一・藤木利之 (2019) クック諸島で採集されたカヤ ツリグサ科植物. 莎草研究, 21, 39-46.
- Ishii, Y., Tamura, T., Collins, D. S. and Ben, B.
  (2020) Applicability of OSL dating of fine-grained fluvial deposits in the Mekong River floodplain, Cambodia. *Geochronometria*, in press.
- Nishida, N, Ajioka, T., Ikehara, K., Nakashima, R., Katayama, H., Sato, T., Furuyama, S. and Tamura, T. (2020) Postglacial stratigraphic evolution of a current-influenced sandy shelf: Offshore Kujukuri strand plain, central Japan. *Sedimentology*, in press.
- Oliver, T. S. N., Tamura, T. and Murray-Wallace, C. V. (2020) Identification of reworked foraminifera in temperate carbonate sediments – A pilot study from the Coorong Coastal Plain, southern Australia, *Marine Geology* 421, 106096.
- Kadowaki, S., Tamura, T., Sano, K., Kurozumi, T., Maher, L. A., Wakano, J. Y., Omori, T., Kida, R., Hirose, M., Massadeh, S. and Henry, D. O. (2019) Lithic technology, chronology, and marine shells from Wadi Aghar, southern Jordan, and Initial Upper Paleolithic behaviors in the southern inland Levant. *Journal of Human Evolution* 135, 102646.
- Li, Y., Tsukamoto, S., Shang, Z., Tamura, T., Wang, H. and Frechen, M. (2019) Constraining the transgression history in the Bohai Coast China since the Middle Pleistocene by luminescence dating. *Marine Geology* 416, 105980.
- Wang, J., Tamura, T. and Muto, T. (2019) Construction and destruction of an autogenic grade system: The late Holocene Mekong River delta. *Geology* 47, 669-672.
- Tamura, T., Oliver, T. S. N., Cunningham, A.C. and Woodroffe, C. D. (2019). Recurrence of

extreme coastal erosion in SE Australia beyond historical timescales inferred from beach ridge morphostratigraphy. *Geophysical Research Letters* 46, 4705-4714.

- Brooke, B. P., Huang, Z., Nicholas, T., Oliver, T. S.
  N, Tamura, T., Woodroffe, C. and Nichol, S. (2019)
  Relative sea-level records preserved in Holocene beach-ridge strandplains – An example from tropical northeastern Australia. *Marine Geology* 411, 107-118.
- Cunningham, A. C., Tamura, T. and Armitage, S. J. (2019) Applications to coastal and marine environment. In: Bateman M.D. (ed.) *Handbook of Luminescence Dating*, Whittles Publishing, Dunbeath, pp. 259–292.

### 【学会発表・公演等】

アジア文化史学第7回研究大会

- 北川浩之・山根雅子「上部旧石器時代初頭(IUP)期の炭 素14年代測定結果の評価」パレオアジア文化史学第7 回研究大会,名古屋大学,2019年5月11-12日(予稿集 16-17頁)[H. Kitagawa and M.Yamane: Evaluation of radiocarbon age in initial Upper Paleolithic (IUP) The 7th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University, Nagoya, May 11-12, 2019 (Proceedings, p.16).
- 出穂雅実・長谷川精「上部旧石器時代のモンゴルおよび ザバイカルにおける環境変化と人類の適応行動に関す る予察」パレオアジア文化史学第7回研究大会,名古屋 大学,2019年5月11-12日 (予稿集26-27頁) [M. Izuho and H. Hasegawa: Human behavioral adaptation to the environmental changes during MIS 3 and MIS2 across Mongolia and Transbaikal, Russia. The 7th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University, Nagoya, May 11–12, 2019 (Proceedings, p.26-27).
- 北川浩之・山根雅子「乾燥地域の定量的な気候復元— ジプサム水和水の酸素・水素同位体比」パレオアジア文 化史学第7回研究大会,名古屋大学,2019年5月11-12日 (予稿集38-39頁)[Oxygen and hydrogen isotopes of gypsum hydration water for quantitative paleo-humidity reconstruction in dry area. The

7th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University, Nagoya, May 11-12, 2019 (Proceedings, p.38-39)].

- 藤木利之・奥野 充・北川浩之「青森県出来島海岸最終 氷期堆積物における5万年前以降の植生変遷」パレオ アジア文化史学第7回研究大会,名古屋大学,2019年 5月11-12日 (予稿集40頁) [T. Fujiki, M. Okuno, and H. Kitagawa: Vegetation history of the last 50,000 years as reconstructed from the Last Glacial deposit of the Dekijima coast, Aomori Prefecture, northern Japan. The 7th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University, Nagoya, May 11–12, 2019 (Proceedings, p.40-41)].
- 野口 淳・北川浩之・田村 亨・石井佑次・三木健裕・ Carla La ncelotti, Ghu la m M. Veesar, Ta sleem Abro, Amin Chandio, and Marco Madella 「インダス 平原北部における考古学・古環境総合調査 - JASPAR (日パ西考古学共同調査) 2019-01 - 」パレオアジア 文化史学第7回研究大会,名古屋大学,2019年5月 11-12日 (予稿集52-53頁) [A. Noguchi, H. Kitagawa, T. Tamura, Y. Ishii, T. Miki, C. Lancelotti, G. M. Veesar, T. Abro, A. Chandio, and M. Madella. JASPAR2019-01: general survey of archaeology and palaeoenvironment in the northern Indus Plain, Sindh, Pakistan. The 7th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University, Nagoya, May 11-12, 2019 (Proceedings, p.52-53)].
- 近藤康久・大西秀之・池内有為・中島健一郎「パレオア ジア各分野の研究観に関するオンサイト調査」パレオア ジア文化史学第7回研究大会,名古屋大学,2019年5月 11-12日(予稿集68-69頁)
- Y. Kondo, H. Ōnishi, U. Ikeuchi and K. Nakashima. On-site survey on the research mind-set of researchers from different fields in the PaleoAsia Project. The 7th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University, Nagoya, May 11-12, 2019 (Proceedings, p.68-69)].
- 近藤康久・三木健裕・黒沼太一・北川浩之「オマーン、 ワディ・タヌーフ1号洞穴の試掘結果と年代について」パ レオアジア文化史学第7回研究大会,名古屋大学,2019 年5月11-12日 (予稿集71-72頁) [Y. Kondo, T. Miki, T. Kuronuma, and H. Kitagawa: Test excavations

and dating of Wadi Tanuf Cave 1 in the interior of Oman. The 7th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University, Nagoya, May 11-12, 2019 (Proceedings, p.71-72)]

- 田村 亨・木田梨沙子・門脇誠二「OSL年代によるヨル ダンJebel Qalkha旧石器遺跡の複合層序」パレオアジ ア文化史学第7回研究大会,名古屋大学,2019年5月 11-12日(予稿集73-74頁)
- T. Tamura, R. Kida, and S. Kadowaki: Composite chronology of Paleolithic sites in Jebel Qalkha revealed by OSL dating. The 7th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University, Nagoya, May 11–12, 2019 (Proceedings, p.73-74)]
- 山根雅子 (2019)「中期~後期旧石器時代の移行期の 炭素14年代測定プロトコルの確立」パレオアジア文化 史学第7回研究大会,名古屋大学,2019年5月11-12 日 (予稿集34頁) [Yamane, M. (2019) Establishing a protocol of effective radiocarbon dating for old samples of the Middle to Upper Paleolithic transition. The 7th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University, Nagoya, May 11-12, 2019 (Proceedings, p.34-35)]
- 勝田長貴(2019)「湖沼堆積物を用いた最終氷期にお けるモンゴル北西部の環境変動復元」パレオアジア 文化史学第7回研究大会、名古屋大学、2019年5月 名古屋大学, 2019年5月11-12日(予稿集33頁)[N. Katsuta: Paleoclimate impact on human activity in Lake Baikal region during the last glacial period: the Lake Baikal sediment analyses The 7th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University, Nagoya, May 11–12, 2019 (Proceedings, p.33)]

### アジア文化史学第8回研究大会

北川浩之・奥泉舞桜「気候適応および東アジア・東南アジ アへの現生人類の拡散」パレオアジア文化史学第8回研 究大会,国立民族学博物館,2019年12月14-15日(予稿 集6-7頁)[H. Kitagawa and M. Okuizumi: Climatic adaptation and migration to East-Southeast Asia of the anatomically modern humans. The 8th Conference on Cultural History of PaleoAsia, National Museum of Ethnology, Osaka, December

### 14-15, 2019 (Proceedings, p.6-7)]

- 勝田長貴「湖沼堆積物を用いた最終氷期におけるモ ンゴル北西部の環境変動復元」パレオアジア文化史 学第8回研究大会、国立民族学博物館、2019年12 月14-15日(予稿集28-29頁)[Nagayoshi Katsuta: Paleoenvironmental changes in northwest Mongolia during the last glacial period inferred from the lacustrine sediment records. The 8th Conference on Cultural History of PaleoAsia, National Museum of Ethnology, Osaka, December 14-15, 2019 (Proceedings, p.28-29)]
- 山根雅子「骨と炭化物の炭素14年代測定のための前処 理についての検討」パレオアジア文化史学第8回研究大 会,国立民族学博物館,2019年12月14-15日(予稿集 30-31頁). [M. Yamane: Study on the pretreatment for radiocarbon dating of bones and charcoals. The 8th Conference on Cultural History of PaleoAsia, National Museum of Ethnology, Osaka, December 14-15, 2019 (Proceedings, p.30-31).
- 藤木利之・酒井恵祐・奥野 充 「東ポリネシア・クック 諸島アチウ島における約2000年間の植生変遷と人類 到達年代」パレオアジア文化史学第8回研究大会,国 立民族学博物館,2019年12月14-15日 (予稿集42-43 頁) [T. Fujiki (A03), K. Sakai and M. Okuno: Vegetation change and the age of human arrival on Atiu Island, Cook Islands, East Polynesia. The 8th Conference on Cultural History of PaleoAsia, National Museum of Ethnology, Osaka, December 14-15, 2019 (Proceedings, p.42-43)]
- 近藤康久・大西秀之・池内有為・中島健一郎「パレオア ジア研究観調査の結果と学際性に関する考察」パレオ アジア文化史学第8回研究大会,国立民族学博物館, 2019年12月14-15日 (予稿集71-72頁) [Y. Kondo (A03), Hideyuki Ōnishi (B01), Ui Ikeuchi and Ken'ichiro Nakashima: Results of an on-site survey of the research mind-set of the PaleoAsia project and its interdisciplinarity The 8th Conference on Cultural History of PaleoAsia, National Museum of Ethnology, Osaka, December 14-15, 2019 (Proceedings, p.71-72)]
- 長谷川精・今岡良介・志知幸治・Niiden Ichinnorov
   「サンギンダライ湖堆積物から復元するモンゴル

北西部のMIS3以降の古環境変動と植生変遷(予 察)」パレオアジア文化史学第8回研究大会,国立 民族学博物館,2019年12月14-15日(予稿集71-72 頁)[H. Hasegawa, R. Imaoka, K. Shichi and N. Ichinnorov: Reconstruction of paleoenvironmental and paleovegetation change in north western Mongolia since MIS3: New evidence from sediment record of Sangiin Dalai Lake (Preliminary results) The 8th Conference on Cultural History of PaleoAsia, National Museum of Ethnology, Osaka, December 14-15, 2019 (Proceedings, p.73-74)]

- 北川浩之・奥泉舞桜「気候の地理的な違いを考慮した人 類拡散モデルの構築」パレオアジア文化史学第8回研究 大会,国立民族学博物館,2019年12月14-15日(予稿集 75-76頁)[H. Kitagawa and Mao Okuizumi: ABM incorporating the adaptability on climate with respect to the anatomically modern humans. The 8th Conference on Cultural History of PaleoAsia, National Museum of Ethnology, Osaka, December 14-15, 2019 (Proceedings, p.75-76)]
- 田村 亨・野口 淳・石井祐次・北川浩之「パキスタン
  Thar砂漠堆積物のOSL年代による石器年代の制約」
  パレオアジア文化史学第8回研究大会,国立民族学博物
  館,2019年12月14-15日(予稿集75-76頁)[T. Tamura
  (A03), A. Noguchi, Y. Ishii and H. Kitagawa:
  Constraint on the lithic material chronology on
  the Thar desert sand in Pakistan by OSL dating
  The 8th Conference on Cultural History of
  PaleoAsia, National Museum of Ethnology, Osaka,
  December 14-15, 2019 (Proceedings, p.77-78)]

### その他

- 近藤康久 先史考古学の海外調査:学際新領域へのチャ レンジ.海外学術調査フォーラム201東京外国語大学アジ ア・アフリカ言語文化研究所, 2019.7.6. [招待講演]
- Kondo, Y. and Iwamoto, Y (2019). Network analysis of an archaeological research project: A graphical monitoring of the developing interdisciplinary co-authorship of the PaleoAsia project. 47th Annual Conference of Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, held

at Jagiellonian University, Krakow, Poland, 2019.4.23-27.

- Yamane, M., Yokoyama, Y., Matsuzaki, H., Takemura, K. and Kitagawa, H. (2019) Interpreting <sup>10</sup>Be records in sediments with a chemometric analysis of optical properties. The 8th East Asia Accelerator Mass Spectrometry Symposium, Nagoya University, Nagoya, December 3-6, 2019.
- Kitagawa, H., Wong, H., Hayashida, and Takemura, K. (2019) Chemometric analysis of <sup>14</sup>C and Fourier transform infrared spectra to improve the chronology of Lake Biwa Sediment core. The 8th East Asia Accelerator Mass Spectrometry Symposium, Nagoya University, Nagoya, December 3-6, 2019.
- T. Nakamura, M. Minami, H. Oda, A. Ikeda, M. Yamane, M. Nishida, Y. Wakasugi, R. Sato, H. Sawada and H. Kitagawa (2019) Present status and application studies with HVE <sup>14</sup>C AMS system at Nagoya University. The 8th East Asia Accelerator Mass Spectrometry Symposium, Nagoya University, Nagoya, December 3-6, 2019.
- Uyangaa, U., Hasebe, N., Fukushi, K., Tanaka, Y., Davaasuren, D., Sambo, M., Gankhurel, B., Katsuta, N., Ochiai, S. and Gerelmaa, T. (2019) Characteristics of lake sediment from southern part of Mongolia and comparison to meteorological data. 『日本地球惑星科学連合2019年 大会』幕張メッセ (千葉県千葉市)、2019年5月.
- Asahara, Y., Yoshida, H., Yamamoto, K., Katsuta, N., Minami, M. and Metcalfe, R. (2019) Age determination of spherical carbonate by Sr isotope stratigraphy『日本地球惑星科学連合2019年 大会』幕張メッセ (千葉県千葉市)、2019年5月.
- 宮西勇太・高村一希・勝田長貴・森本真紀・安田敦・川 上紳一(2019)「原生代前期ストロマトライトの縞状構造 における高分解能解析:安定同位体比と化学組成分析」 『日本地球惑星科学連合2019年大会』幕張メッセ(千 葉県千葉市)、2019年5月.
- 大野優美子・内藤さゆり・勝田長貴・村上拓馬・落合伸 也・長谷部徳子・川上紳一(2019)「後期更新世にお

けるモンゴル北部の環境変動復元:ダラハド盆地湖成層 の化学分析」『日本地球惑星科学連合2019年大会』幕 張メッセ(千葉県千葉市)、2019年5月.

- 藤木利之・酒井恵祐・奥野 充 (2019)「東ポリネシア・ クック諸島アチウ島における約3500年間の植生変遷と人 類到達年代」『日本花粉学会第60回大会』高知大学、 2019年10月12日.
- 藤木利之・酒井恵祐・奥野 充・河合 渓・森脇 広 (2019)「東ポリネシア・クック諸島アチウ島の植生変化 と人類到達年代」『日本島嶼学会宮古島大会』宮古島 市未来創造センター、2019年10月27日.
- 長友拓磨・奥野 充・藤木利之・中村俊夫・成尾英仁・ 寺田仁志 (2020)「鹿児島県湧水町の三日月池の堆積 物の層序と年代 (予報)」『国際火山噴火史情報研究 集会2019-2』鹿児島大学、2020年1月24日.
- 原 慎治・奥野 充・藤木利之・木村勝彦・中村俊夫・ 小林哲夫(2020)「霧島・新燃岳享保噴火による埋没 樹木の<sup>14</sup>Cウイグルマッチング年代(予報)」『国際火山 噴火史情報研究集会2019-2』鹿児島大学、2020年1月 24日.
- 藤木利之・那須浩郎・Davaadorj Saindovdon (2020)「モンゴル北部ウランブルガス湖湖底堆積物による約2500年 間の植生変化に関する予察的研究」『国際火山噴火 史情報研究集会2019-2』 鹿児島大学、2020年1月24日.
- 河合渓・藤木利之(2019)「太平洋島興潮間帯に生息する 巻貝の殻色多様性に関する研究」『日本貝類学会2019 年度大会』東京家政学院大学、2019年5月18日.
- 谷村奈穂・藤木利之・山田和芳(2020)「赤名湿原の花 粉分析と木炭分析による植生変遷とたたら製鉄の影響 の研究」『国際火山噴火史情報研究集会2019-2』 鹿児 島大学、2020年1月24日.
- 河合 渓・藤木利之(2020)「アジア太平洋島嶼沿岸域 に生息する貝類の殻色と基質の関係」『国際火山噴火 史情報研究集会2019-2』鹿児島大学、2020年1月25日. (口頭発表)
- 奥野 充・藤木利之・酒井恵祐・森脇 広・河合 渓・ 中村俊夫(2020)「クック諸島, ラロトンガ島カレカレ湿原 の層序と年代:中間報告と今後の展望」『国際火山噴火 史情報研究集会2019-2』鹿児島大学、2020年1月25日.
- 酒井恵祐・大串健一・藤木利之・奥野 充・森脇 広・ 河合 渓・中村俊夫(2020)「クック諸島, ラロトンガ島 カレカレ湿原の海成堆積物から得られた巻貝と有孔虫化

石について」『国際火山噴火史情報研究集会2019-2』 鹿児島大学、2020年1月25日.

- 福本 侑・藤木利之・奥野 充・森脇 広・河合 渓・ 酒井恵祐(2020)「クック諸島ラロトンガ島カレカレ湿原 の海成堆積物における完新世の珪藻群集変」『国際火 山噴火史情報研究集会2019-2』 鹿児島大学、2020年1 月25日.
- 藤木利之・酒井恵祐・奥野 充「東ポリネシア・クック諸 島アチウ島における約2000年間の植生変遷と人類到達 年代に関する予察的研究」『国際火山噴火史情報研 究集会2019-2』鹿児島大学、2020年1月25日.

### アジアにおけるホモ・サピエンス定着期の

### 気候変動と居住環境の解明

「パレオアジア文化史学」計画研究A03 2019年度研究報告書

PaleoAsia Project Series 27

発行	〒日:	2020年3月31日
編	集:	北川浩之(「パレオアジア文化史学」計画研究A03代表者)
		〒464-8601 名古屋市千種区不老町 名古屋大学宇宙地球環境研究所
発	行:	2016~2020年度 文部科学省科学研究費補助金(新学術領域研究)
		「パレオアジア文化史学-アジア新人文化形成プロセスの総合的研究-」(領域番号 1802)
		「アジアにおけるホモ・サピエンス定着期の気候変動と居住環境の解明」(計画研究 16H06410)
ISE	3 N :	978-4-909148-26-1
印刷	・製	』本:株式会社ブレインズ・ネットワーク URL https://www.brains-network.com