
Cultural History of PaleoAsia

パレオアジア 文化史学

計画研究A03
2018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

目次

はじめに	北川浩之	i
2018年度研究組織		ii
研究報告		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 2 ～テルメン湖とブーン・ツァガーン湖について～	藤木利之、勝田長貴、長谷川精	1
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）	長谷川精、勝田長貴、田村 亨、出穂 雅実	9
後期更新世におけるモンゴル北部の高解像度環境変動復元	勝田長貴、大野優美子、内藤さゆり	15
南ヨルダン遺跡堆積物を用いた旧石器時代古気候復元	奈良郁子、門脇誠二	21
ヨルダン南部Jebel Qalkha遺跡、ウズベキスタンAnghilak遺跡、 カザフスタンKuzulus 2遺跡でのOSL年代の試料と予察結果	田村 亨、門脇誠二、西秋良宏、国武貞克	27
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）	近藤康久、三木健裕、黒沼 太一	37
ホモ・サピエンスのアジアへの拡散モデルの構築（1）－気候の類似性	北川浩之	39
2018年度 研究成果		45

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）、平成28～32年度）の目的である。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、新人がアジアに拡散し定着した時代の気候・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3年目となる平成30年度には、イスラエル（北川浩之・Moti Stein）・ヨルダン（計画研究A02代表門脇誠二らと連携）・オマーン（近藤康久）・パキスタン（計画研究A01の野口淳らと連携）・インド・カシミール地方（計画研究A01の野口淳らと連携）、ベトナム（北川・Dang Xuan Phong）・カンボジア（北川・Dang Xuan Phong）・モンゴル（長谷川精）において合同調査を行った。今年度は、専門の異なる研究者、海外の研究者、若手研究者が連携し共同研究が格段に進んだ点が特筆される。

次年度以降、過去3年間で整備を進めてきた国際研究ネットワークを活かし、アジア各地で古環境学・考古学分野の研究者が参加する合同野外調査・共同研究を展開し、合同調査で採集した考古・古環境試料の多角的な分析や新人がアジアに拡散し定着した時代の気候・環境に関わる証拠を集約するプラットフォームの作成を進める予定である。

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、ボンペウ・ファブラ大学、ベトナムアカデミー地理研究所、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。

2019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

2018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

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

山根 雅子 名古屋大学宇宙地球環境研究所機関研究員・年代測定/地球化学
 Christian Leipe 名古屋大学宇宙地球環境研究所共同研究員・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
 奈良 郁子 名古屋大学宇宙地球環境研究所研究員・地球化学/気候水文環境復元
 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 首都大学東京 大学院人文科学研究科(博士後期課程)・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 ポンベウ 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 ポンベウ 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/古環境変動解析

*所属、肩書きは2019年3月31日現在のもの。

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 2 ～テルメン湖とブーン・ツァガン湖について～

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

長谷川 精 高知大学教育研究部

1. はじめに

ホモ・サピエンスは約48,000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、40,000年前には中国や朝鮮半島など東アジアに到達している(海部, 2016)。そこで、昨年引き続きホモ・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、モンゴルのテルメン湖、サンギンダライ湖、オログ湖、オルゴイ湖、ブーン・ツァガン湖で堆積物が採取された(長谷川, 2017)。昨年報

告したサンギンダライ湖に引き続き、今回はテルメン湖(16TL04S)とブーン・ツァガン湖(16BT02S)の湖底堆積物の花粉分析を行い、モンゴル北部の古植生変遷を明らかにした。

2. 試料採取地点および試料

モンゴルには世界で有数の広大な草原が広がっており、その面積は国土面積の80%におよぶ(Hilbig, 1995)。テルメン湖は、モンゴル北部にあるフブスグル湖から南西約2500 kmのKhangai県の北緯48°50'、東経97°19'に位置し、標高1,789 m、最大水深27 mの塩湖で

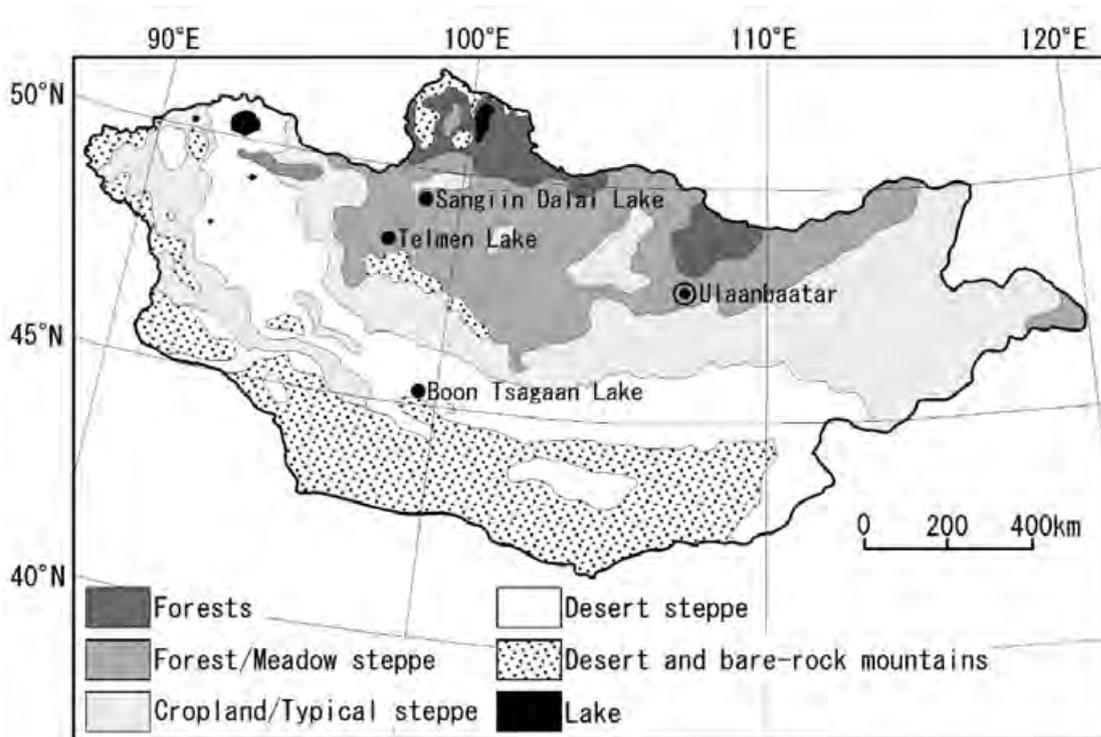


図1 試料採取地点地図とモンゴルの植生図 (Wang et al., 2013を改変)

ある(図1)。湖周辺の年間平均降水量は250 mmで、気温は1月の-32℃から7月の12℃の間である(Fowell et al., 2003)。ブーン・ツァガン湖はテルメン湖から南へ約3000 kmのBayakhongor県の北緯45° 33′、東経99° 04′に位置し、標高1,312 m、最大水深16 mの塩湖である(図1)。本湖近くにはオログ湖の他2つの湖が点在し、まとめて「Valley of the Lakes」と呼ばれ、ラムサール条約の登録湖となっている。テルメン湖周辺の植生は湿草ステップに森林が点在し、ブーン・ツァガン湖周辺の植生は砂漠ステップが広がっている(Hilbig, 1995; Farukh et al., 2009; Wang et al., 2013)。

2016年のコアリング調査では、両湖のコアから年縞とみられるラミナが確認されている(長谷川, 2017)。今回はテルメン湖の16TL04Sコアとブーン・ツァガン湖の16BT02Sコアの花粉分析を行い、古植生の復元を行った。

3. 分析方法

化石花粉・胞子の抽出には、4 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ルキットで封入した。

測定は深度毎にハンノキ属を除く樹木花粉を300個以上、樹木花粉とハンノキ属、非樹木花粉を合わせえて500個以上測定した。化石・胞子花粉の出現率は、各層準のハンノキ属を除いた樹木花粉を基本数とし、分類群ごとに百分率で求めた。

年代測定はテルメン湖の16TL03Sコアで7点、ブーン・ツァガン湖の16BT01Sコアで6点実施し、得られた¹⁴C年代はCALIB7.1 (Reimer et al., 2013) とデータセットIntCal13 (Stuiver et al., 2015) を使用して暦年代に校正した(表1・2)。今回、テルメン湖は16TL04Sコアで花粉分析を行い、16TL03Sコアで年代測定を行い、ブーン・ツァガン湖は16BT02Sコアで花粉分析を行い、16BT01Sコアで年代測定を行った。それぞれの湖の両コアはほとんど離れておらず、年代は花粉分析のコアに適応できると仮定した。

4. 結果と考察

年代測定の結果、テルメン湖の16TL04Sコアは約3,000年間の堆積物で、約0.23 mm/yrの速度で堆積したと考えられ、ブーン・ツァガン湖の16BT02Sコアは約1,500年間の堆積物で約0.40 mm/yrの速度で堆積していた。ブーン・

表1 テルメン湖16TL03SコアのAMS年代測定結果

Depth (cm)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰)	¹⁴ C date (BP)	Labo. no.	Age range (cal BP) (2 σ probability %)
11-12	-25.14	780 ± 50	UNK-12834-1	657 - 791 (100.0%)
21-22	-25.30	1040 ± 50	UNK-12835-1	799 - 815 (2.2%) 822 - 868 (7.5%) 899 - 1062 (90.3%)
31-32	-25.56	1455 ± 50	UNK-12836-1	1286 - 1417 (95.0%) 1462 - 1482 (2.4%) 1493 - 1516 (2.6%)
41-42	-25.62	1855 ± 50	UNK-12837-1	1628 - 1655 (3.0%) 1600 - 1666 (0.4%) 1693 - 1898 (96.6%)
51-52	-26.00	2200 ± 50	UNK-12838-1	2065 - 2083 (2.0%) 2106 - 2340 (98.0%)
61-62	-26.01	2595 ± 50	UNK-12839-1	2492 - 2600 (22.1%) 2608 - 2641 (7.0%) 2679 - 2795 (69.7%) 2824 - 2842 (1.2%)
71-72	-26.39	2830 ± 50	UNK-12840-1	2793 - 3074 (100.0%)

表2 ブーン・ツァガン湖16BT02SコアのAMS年代測定結果

Depth (cm)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰)	^{14}C date (BP)	Labo. no.	Age range (cal BP) (2 σ probability %)
21-22	-25.29	Modern	UNK-12821-1	Modern
31-32	-25.67	880 \pm 50	UNK-12822-1	702 - 915 (100.0%)
41-42	-24.43	1130 \pm 60	UNK-12823-1	931 - 1181 (99.6%) 1215 - 1219 (0.4%)
52-53	-26.61	1180 \pm 50	UNK-12824-1	973 - 1186 (92.1%) 1204 - 1242 (7.1%) 1248 - 1255 (0.8%)
61-62	-25.82	1590 \pm 50	UNK-12825-1	1368 - 1570 (98.6%) 1584 - 1597 (1.4%)
71-72	-26.36	1310 \pm 50	UNK-12826-1	1087 - 1111 (2.3%) 1123 - 1159 (3.2%) 1172 - 1310 (94.4%)

ツァガン湖の周辺植生は砂漠ステップで砂漠に近いこともあり、堆積速度が早いと考えられた(図2・3)。

花粉分析では、テルメン湖16TL04Sコアでは木本類花粉11種類、草本類花粉13種類、シダ胞子2種類の合計26種類の化石花粉・胞子が検出され、ブーン・ツァガン湖16BT02Sコアでは木本類花粉13種類、草本類花粉15種類、シダ胞子2種類の合計30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それぞれ図4・5に、主な化石花粉の変遷図をそれぞれ図6・7に示す。

両分析とも全層を通して草本類花粉が70~80%を占めており、周辺はヨモギ属を主体とし、イネ科とカヤツリクサ科、アカザ科が混じるステップ植生であったと思われる。ただし、テルメン湖周辺には森林が点在するため、カラマツ属やツガ属、トウヒ属、マツ属などの樹木花粉も産出量が多く、ブーン・ツァガン湖植生周辺は砂漠ステップであるため、乾燥地に生育するマオウ属花粉が多量に産出した。

モンゴルでは約3,000年前以降、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)。今回の分析は両分析とも3,000年以降のものであるため、その環境変化を捉えることができない。

テルメン湖では約1,500年前以降、カバノキ

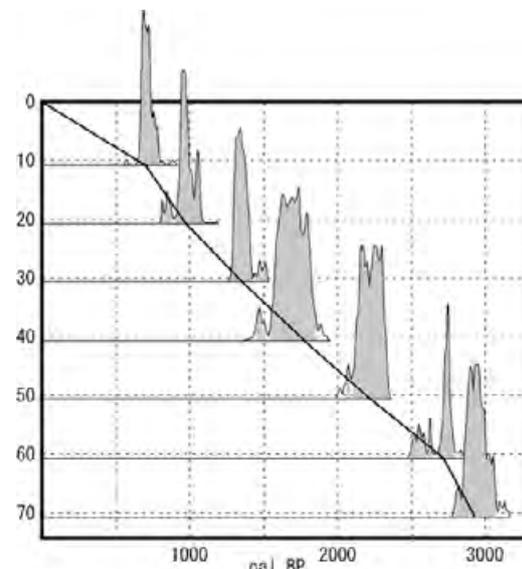


図2 テルメン湖16TL03Sコアの堆積曲線

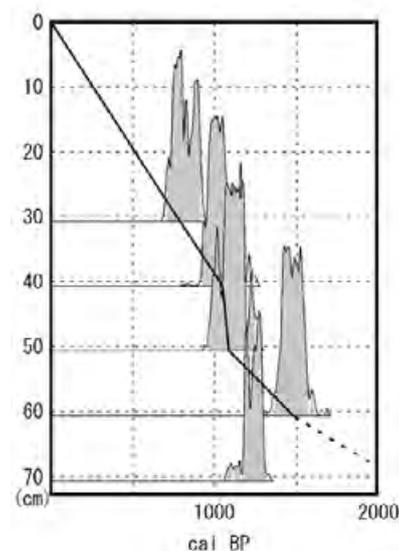


図3 ブーン・ツァガン湖16BT01Sコアの堆積曲線

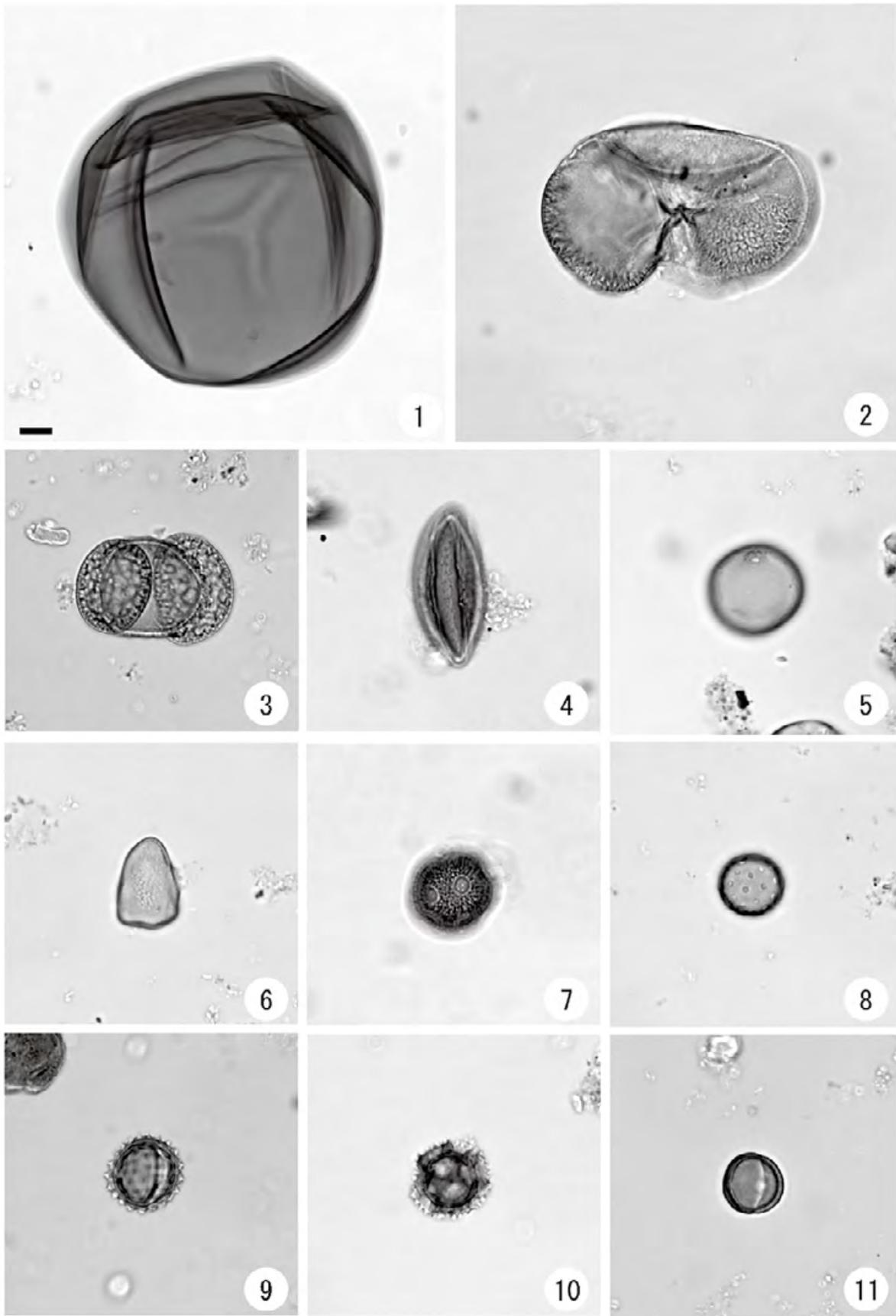


図4 テルメン湖16TL04Sコアから産出した化石花粉の光学顕微鏡写真

1: カラマツ属 (*Larix*)、2: トウヒ属 (*Picea*)、3: マツ属 (*Pinus*)、4: マオウ属 (*Ephedra*)、
 5: イネ科 (*Poaceae*)、6: カヤツリグサ科 (*Cyperaceae*)、7: ナデシコ科 (*Typha*)、8: アカザ科 (*Chenopodiaceae*)、9: キク科 (*Asteraceae*)、10: タンポポ科 (*Cichorioideae*)、
 11: ヨモギ属 (*Artemisia*)、スケールは10 μm 。

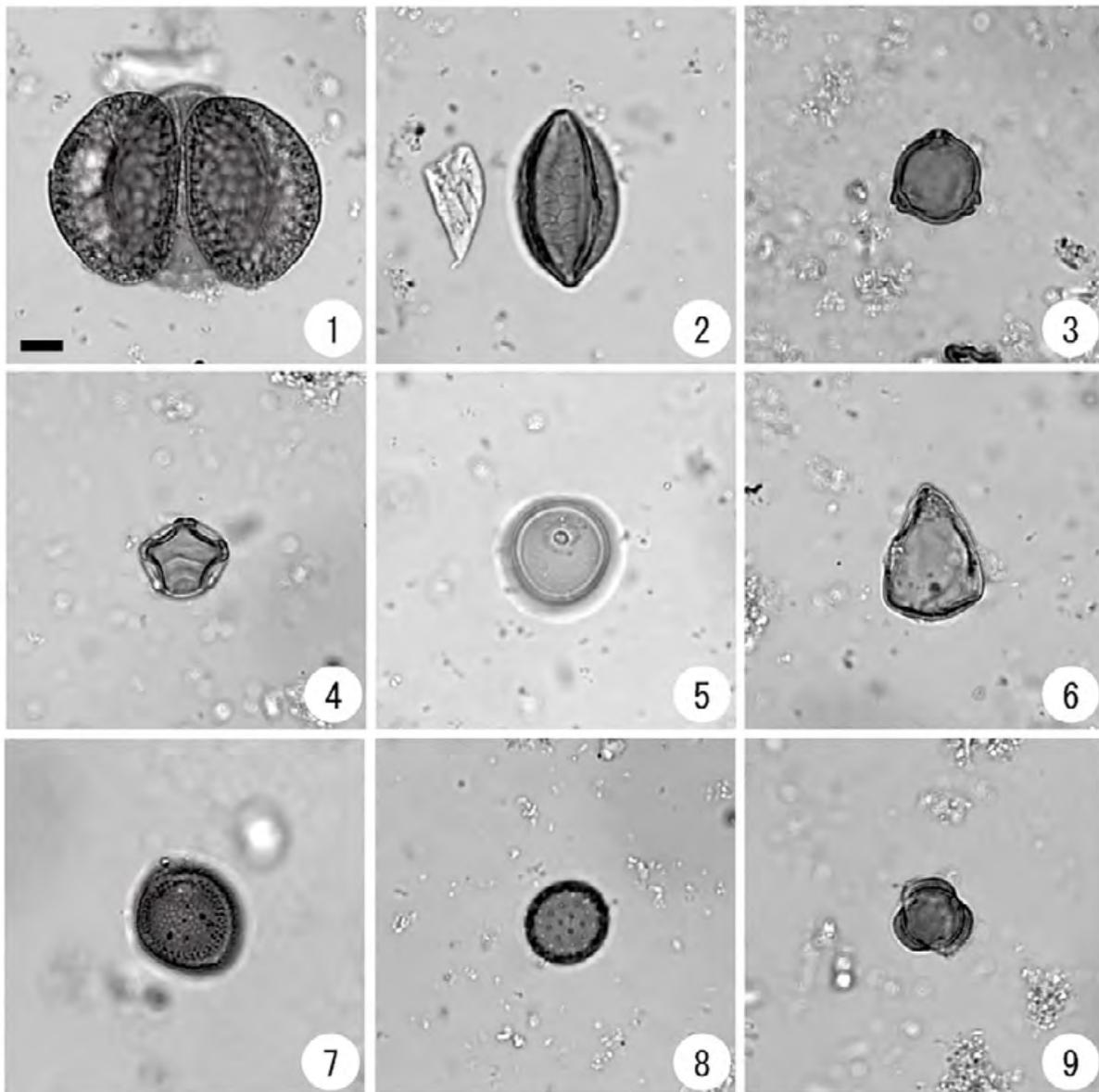


図5 ブーン・ツァガン湖16BT02Sコアから産出した化石花粉の光学顕微鏡写真

1: マツ属 (*Pinus*)、2: マオウ属 (*Ephedra*)、3: カバノキ属 (*Betula*)、4: ハンノキ属 (*Alnus*)、5: イネ科 (*Poaceae*)、6: カヤツリグサ科 (*Cyperaceae*)、7: ガマ属 (*Typha*)、8: アカザ科 (*Chenopodiaceae*)、9: ヨモギ属 (*Artemisia*)、スケールは10 μm 。

属が減少し、代わりにイネ科、カヤツリグサ科、アカザ科、ヨモギ属などの草本が増加している。ブーン・ツァガン湖では、最下層の約1,500年前より湿地性のガマ属が検出されているが、それらが減少に転じる代わりに、イネ科、カヤツリグサ科、アカザ科、ヨモギ属などの草本花粉が増加する。3,000年前に環境が湿潤環境に転じたが、1,500年前に乾燥環境に再び変わった可能性がある。この現象は、南部のブーン・ツァガン湖で顕著であり、湖周辺は湿潤化によりガマやヨシを伴う湿地が広がっていたが、徐々に乾燥化し、約800年前以降に

は現在のようなヨモギ属とアカザ科を主体とした砂漠ステップが成立したと考えられる。また、バイカル湖の分析より乾燥は温暖化により、湿潤は寒冷化によって生じることが示唆されており (Murakami et al., 2012)、3,000年前に気候が寒冷化したが、1,500年前より再び温暖化したと考えられる。

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

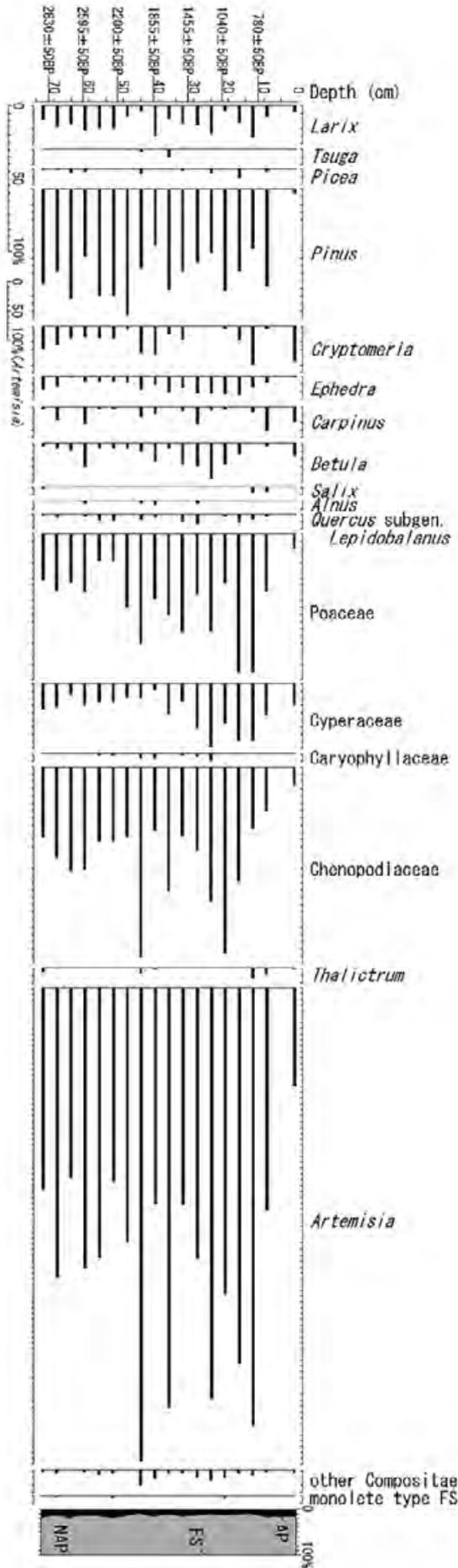


図6 テルメン湖16TL04Sコアの花粉変遷図

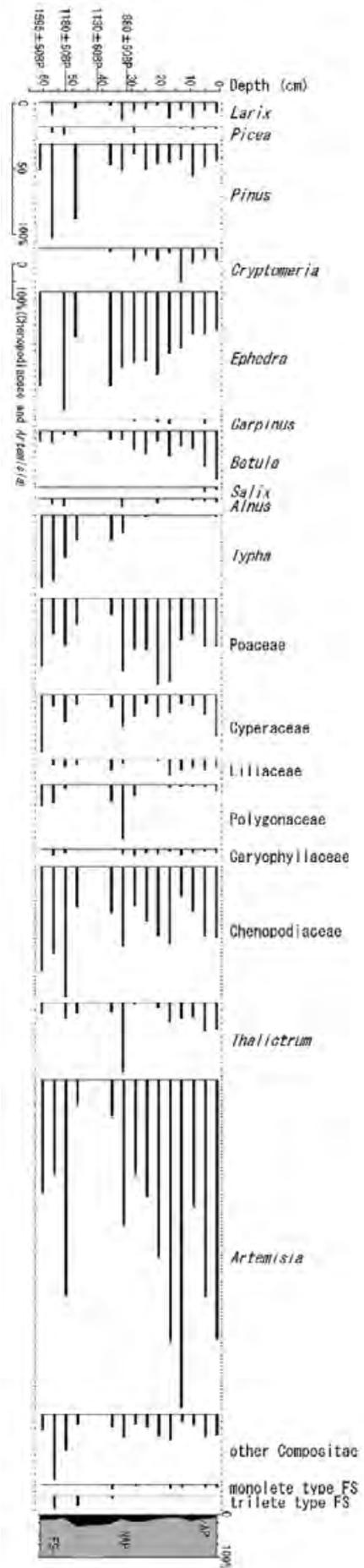


図7 ブーン・ツァガーン湖16BT02Sコアの花粉変遷図

方々に深く感謝いたします。

引用文献

- Farukh MA, 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.
- Fowell SJ, 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.
- 長谷川精 (2017) モンゴル湖沼・レス古土壌堆積物調査：北方アジアの旧石器時代の環境変遷の解明。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、35-39.
- 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？ 213 pp. 文藝春秋.
- Murakami T, Takamatsu T, Katsuta N, Takano M, Yamamoto K, Takahashi Y, Nakamura T, Kawai T. (2012) Centennial- to millennial-scale climate shifts in continental interior Asia repeated between warm-dry and cool-wet conditions during the last three interglacial states: evidence from uranium and biogenic silica in the sediment of Lake Baikal, southeast Siberia. *Quaternary Science Reviews* 52: 49-59.
- Reimer PJ, Bard E, Bayliss A, Beck JW, Blackwell PG, Bronk Ramsey C, Buck CE, Cheng H, Edwards RL, Friedrich M, Grootes PM, Guilderson TP, Haflidason H, Hajdas I, Hatté C, Heaton TJ, Hoffmann DL, Hogg AG, Hughen KA, Kaiser KF, Kromer B, Manning SW, Niu M, Reimer RW, Richards DA, Scott EM, Southon JR, Staff RA, Turney CSM, van der Plicht J. (2013) IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55: 1869-1887.
- Stuiver M, Reimer PJ. 1993. Extended ^{14}C data base and revised CALIB 3.0 ^{14}C age calibration program. *Radiocarbon* 35: 215-230.
- Wang J, Brown DG, 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 JQ, Wan SQ, Henebry G., Qi JU, 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 KB, Zhai X. (2011) A prolonged dry mid-Holocene climate revealed by pollen and diatom records from Lake Ugii Nuur in central Mongolia. *Quaternary International* 229: 74-83.

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）

長谷川 精 高知大学理工学部
 勝田 長貴 岐阜大学教育学部
 田村 亨 産業技術総合研究所地質情報研究部門
 出穂 雅実 首都大学東京人文社会学部

1. 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を解明することを目的としている。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.*, 2018）。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。

我々はモンゴル南西部のゴビ砂漠北縁に位置するオログ湖においてボーリングコア掘削を実施し、採取した湖底堆積物コアの元素組成変動から、約4万年前以降のモンゴル南西部の古環境変動を高時間分解能で復元した。こ

こでは、現時点までの予察的な研究結果を報告する。

2. 研究方法

オログ湖（水深約2 m）でのボーリング掘削は2017年1月に近接した2箇所で行い、Orog01（約24 m長; N45° 4' 7.2"; E100° 36' 31.5"）、Orog02（約21 m長; N45° 4' 7.3"; E100° 36' 32.3"）の2本のコア試料を採取した（図1、2）。ボーリング掘削時の外気温は約マイナス20℃で、湖水面の70 cmが凍結しており、凍結した湖上にボーリング機材を設置して、湖底堆積物の採取を行った。掘削コアは3 mごとに掘削され、その場で1.5 mに切断して梱包した後に、日本へと輸送した。掘削コア試料はスラブ試料（80 cm長）に分割し、高知大学海洋コア総合研究センター

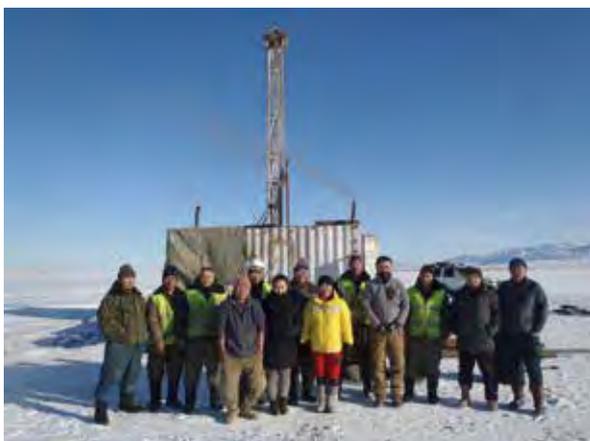


図1 オログ湖のボーリング掘削時の様子



図2 オログ湖と掘削地点の位置図

設置のマイクロXRFコアスキャナー (Itrax) を用いて0.5 mm毎の主要・微量元素組成分析を行った(図3)。

マイクロXRFコアスキャナー分析の後に、コアの岩相観察や写真撮影を行って、2本のコアを元素組成変動も併せて対比することにより、複合コア柱状図の作成を行った(図4)。コア間の対比にはMarshall *et al.* (2012)で開発されたPeak Counterを用いて、元素濃度の変動パターンと岩相変化の層準を対応させること



図3 マイクロXRFコアスキャナー

により、2本のコアの対比をmm単位で行った。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20 m長の複合柱状図コアが構築された。

構築された複合コアに基づき¹⁴C年代測定用の28試料を採取し、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った。作製したグラファイト試料は東濃地科学センターに送付し、同センター設置のペレトロン年代測定装置で¹⁴C年代測定を行った。

3. 結果・考察

¹⁴C年代測定の結果、複合コア深度1.85 mが $7,456 \pm 79$ BP、10.39 mが $19,966 \pm 344$ BP、15.21 mが $31,749 \pm 340$ BPとなった。またOSL年代測定の結果、複合コア深度の約0.5 mが 6.9 ± 0.4 ka、2.21 mが 7.5 ± 0.5 ka、約5.2 mが 2.3 ± 0.2 ka、5.56 mが 12.8 ± 0.9 ka、約19.9 mが 38 ± 4 kaとなった。得られた年代モデルにより、複合コア深度約4.2 mが完新世の始まりに、また最下部の深度約20 mの年代は 38 ± 4 kaに対応

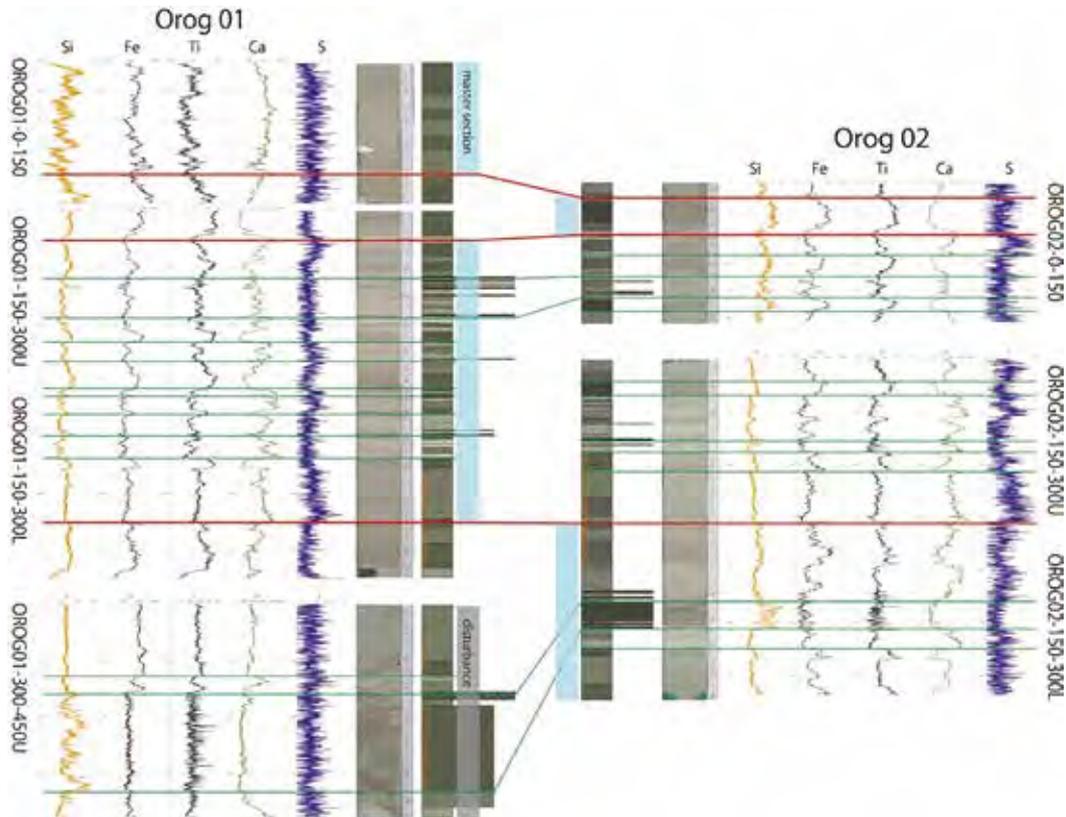


図4 Orog01とOrog02の対比の様子

すると考えられる。この年代モデルは、先行研究によって最近報告されたオログ湖堆積物コアの ^{14}C 年代の結果 (Yu *et al.*, 2019) とも整合的である。

得られた年代モデルに基づき、マイクロXRFコアスキャナー分析による元素組成変化と同時期における古環境変動との対応を以下に考察する (図5)。まずCaは完新世で高く、最終氷期で総じて低くなっている。オログ湖は、現在～完新世においては砂漠乾燥域に位置し、非常に乾燥した塩湖環境であったと考えられ、水深が現在では約2 mと非常に浅い。そのためTuyn川から流入してくるCa分が蒸発作用によって湖水中で過飽和になり、カルサイトとして沈殿したと考えられる。一方で氷期には、Ca濃度が低く、塩湖環境ではなかったと考えられる。オログ湖の面積が氷期には現在の約10倍であったという地形学的な証拠 (Lemekhul *et al.*, 2018) と合わせて考えると、Tuyn川からの流入や周辺域から地下水流入によって湖水位が高く、Ca分が濃集しにくい環

境であったと考えられる (図6)。つまり、Ca濃度の変化はオログ湖の湖水位の指標になると考えられる。

次に、S濃度はMIS3の時期に総じて高く、数回に渡って特に高い時期が見られる。グリーンランド氷床コアの気温変化と対応させると、DOイベントの亜間氷期の温暖な時期に、S濃度が顕著に高く、両者が一致して変動しているように見える (図5)。最終氷期においてオログ湖周辺にまで永久凍土が発達していたとする証拠 (Owen *et al.*, 1998) と合わせて考えると、S濃度増大は亜間氷期に気温が上がって永久凍土が融解し、硫黄分を多く含む凍土融水がオログ湖に多量に流入したことを反映していると考えられる (図6)。

またSi濃度は砂層に多く、砂層は亜氷期やハイリッヒイベントなどの寒冷期に概ね対応している (図5)。一方でFe濃度とTi濃度は泥層に多く、概ね完新世や亜間氷期に対応している。Fe濃度とTi濃度は最終氷期～完新世にかけて常に正相関を持ち、降水量や山岳氷河融解

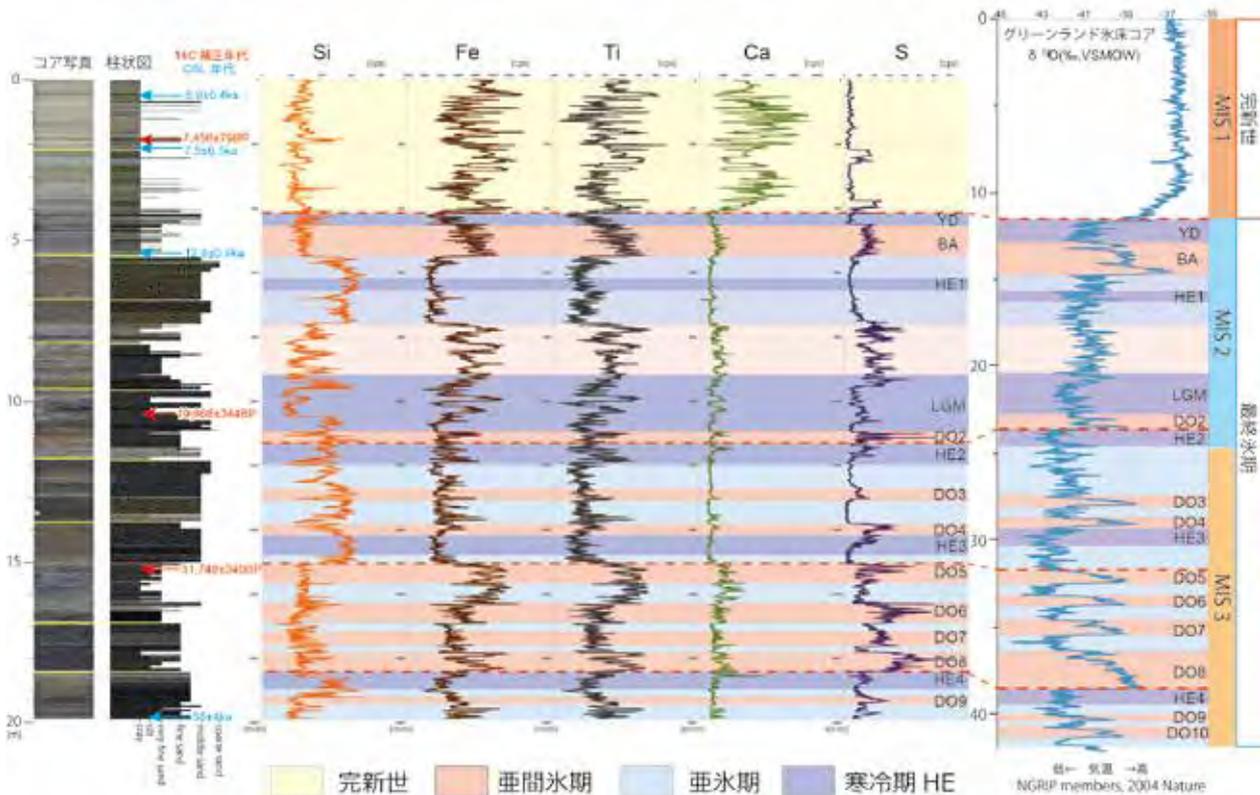


図5 複合コア写真・柱状図・マイクロXRFコアスキャナー分析による元素組成変動の対比図。グリーンランド氷床記録と比較すると硫黄濃度がDOイベント亜間氷期に対応している。

に伴う河川泥の流入量変動を反映していると考えられる。

SiとTi濃度と比較すると、氷期では正相関と逆相関の両方の関係を持つ。スミアスライド観察の結果、Si濃度が高い層準は風成砂が多量に含まれていることから、氷期の中でも亜氷期などの特に寒冷な時期には永久凍土の融解が妨げられ、また降水量が低いことによって、風成砂が流入し易いような低い湖水位の環境だったことが示唆される(図6)。また完新世では、SiとTi濃度は正相関、CaとTi濃度は逆相関を持つ。完新世のオログ湖周辺は砂漠乾燥域に位置しており、降雨量は少なかったと考えられるため、河川泥の起源は山岳氷河の融解水であると考えられる。山岳氷河の融解時には河川泥とそれに伴う極細粒～細粒砂が流入し、湖水位が上がるためCa分が低くなったと考えられる。

以上の考察をまとめると、オログ湖周辺の古環境変動は次の通りである。完新世には砂漠乾燥域に位置し、温暖乾燥な気候で、浅い塩

湖環境であったと考えられる。山岳氷河の融解に伴う河川泥の流入はあるものの、蒸発作用が活発なためCa分が濃集し、カルサイトが多量に沈殿した(図6)。最終氷期には亜寒帯凍土帯に位置していたが、DOイベントの亜間氷期と亜氷期・LGMで大きく環境が変動した。亜間氷期には、気温の上昇により永久凍土が融解し、永久凍土中の硫黄分が多量に流入したと考えられる。また降水量の増大に伴う河川泥流入が多く、現在よりも湖水位が高い温暖湿潤な環境であった。亜氷期・LGMの寒冷期には永久凍土の融解が妨げられ、また降水量の低下によって、風成砂が流入し易いような低い湖水位の環境だったことが示唆される。

まとめ

本報告では、オログ湖の湖底堆積物試料を用いて、モンゴル南西部の最終氷期～完新世の古環境変動を復元し、DOイベントのような全球的気候変動に対する同地域の環境応答について考察した。

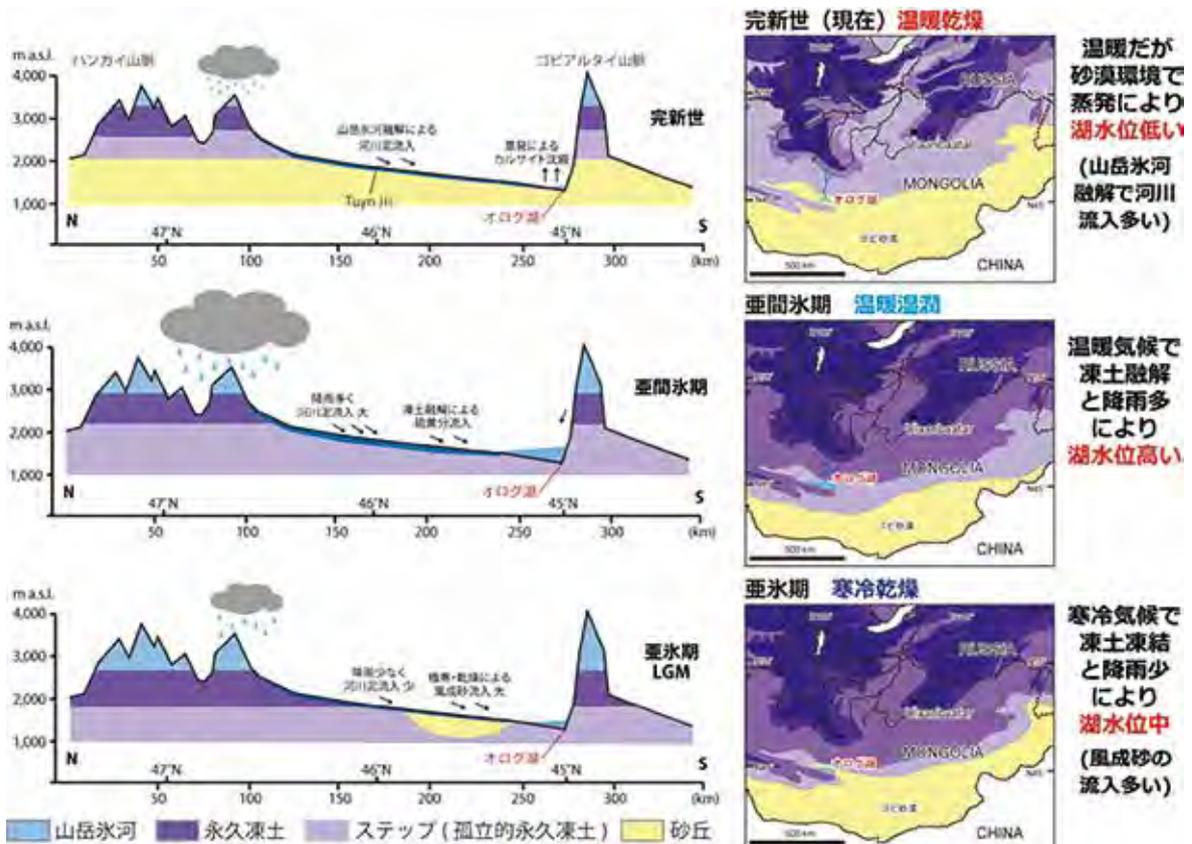


図6 完新世、亜間氷期、亜氷期のオログ湖周辺の古環境変動の概念図

その結果、Ca濃度から完新世よりも氷期の方が湖水位の高い環境であったこと、そしてS濃度から氷期の中で特にDOイベントの亜間氷期に対応する時期に永久凍土が融解して湿潤環境が広がった可能性が明らかになった。一方でSi濃度が高い砂層がLGMや亜氷期などの寒冷な時期に対応しており、寒冷な時期は永久凍土の融解が妨げられ、風成砂が流入し易いような低い湖水位の環境だったと考えられる。

このようにオログ湖堆積物は、DOイベントに対する永久凍土の動態を鋭敏に記録している可能性が明らかになった。今後は¹⁴C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。そしてオログ湖堆積物コアにより明らかになった同地域の古環境変遷と、遺跡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。

謝辞

本報告は高知大学理学部地球科学コースの野間七瀬さんの卒論研究の成果をまとめたものである。コアのサンプル分割法やPeak counterを用いたコア間の対比は、立命館大学気候学研究センターの中川毅教授、北場育子准教授のご教授いただきました。また、本研究は高知大学海洋コア総合研究センター共同利用・共同研究(17B073・18A032)のもとで実施しました。

引用文献

Izuho, M., Terry, K., Vasil'ev, S., Konstantinov, M., & Takahashi, K. (2018) Tolbaga revisited: Scrutinizing occupation duration and its relationship with the faunal landscape during MIS 3 and MIS 2. *Archaeological Research in Asia*.
Lehmkuhl, F., Grunert, J., Hülle, D., Batkhishig, O., Stauch, G. (2018) Paleolakes in the Gobi region of southern Mongolia. *Quaternary Science Reviews*, 179: 1-23.

Marshall, M., Schlolaut, G., Nakagawa, T., Lamb, H., Brauer, A., Staff, R., *et al.* (2012) A novel approach to varve counting using μ XRF and X-radiography in combination with thin-section microscopy, applied to the Late Glacial chronology from Lake Suigetsu, Japan. *Quaternary Geochronology*, 13: 70-80.
North Greenland Ice Core Project members (2004) High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period. *Nature*, 431(7005): 147.
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(6): 539-547.
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.
Yu, K., Lehmkuhla, F., Schlütz, F., Diekmann, B., Mischke, S., Grunert, J., Murad, W., Nottebauma, V., Staucha, G., Zeedena, C. (2019) Late Quaternary environments in the Gobi Desert of Mongolia: Vegetation, hydrological, and palaeoclimate evolution. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 514: 77-91.
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.

後期更新世におけるモンゴル北部の高解像度環境変動復元

勝田 長貴 岐阜大学教育学部
 大野 優美子 岐阜大学教育学部
 内藤 さゆり 岐阜大学教育学部

1. はじめに

新人 (ホモ・サピエンス) の分布がアフリカからユーラシアに拡大したのは、約60~50 ka (1 ka = 1,000年前) とされ、アラビア半島からバイカル湖に至る北ルートは、ユーラシア拡散の主要な移動経路とひとつと考えられている (Goebel, 2007)。新人がバイカル湖周辺に到達した約45~35 kaは、最終氷期 (約7万年前~約1万年前) にあたり、ユーラシア内陸は、顕著な寒冷化と共に乾燥化が進んだ。GCMモデル計算によると、最終氷期最盛期 (LGM; 約21 ka) 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%減少したと推定される。これに加えて、最終氷期では、約1,500年かけて徐々に寒冷化し、数年で約10°Cの急激な気温上昇で特徴づけられるダンスガード・オシュガーサイクル (DOC; Dansgaard et al., 1993) や、DOCが数回繰り返した後にハインリッヒイベント (HE; Bond et al., 1993) と呼ばれる大振幅の気温上昇が生じたことが北大西洋地域で観測されている。

ユーラシア内陸の気候は偏西風影響下にあり、この地域の水蒸気は北大西洋や北極海に由来する。このため、北大西洋地域で生じたDOCやHEがユーラシア内陸の気候に影響をもたらした証拠が、バイカル湖堆積物の珪藻量やC/N比 (Prokopenko et al., 2001)、ドロマイトやウラン含有量 (Katsuta et al., 2018) の記録で確認されている。また、先述のように最終氷期の顕著な乾燥化で大陸内各地の河川や湖

沼 (バイカル湖やフブスグル湖を除く) は干上がり、バイカル湖に注ぐ最大流入のセレンガ川も水が流れていなかった。しかし、最近の我々の研究成果では、LGMのセレンガ川は間氷期に匹敵する水量で流れていた可能性がバイカル湖堆積物の溶存ウラン濃度から示され、その原因がバイカル湖南西部のハマル=ダバン山脈に発達した山岳氷河を源とする融解水である可能性が示唆された (Katsuta et al., 2018)。

その一方で、考古学研究においても、HEやLGMで興味深い結果が報告されている。バイカル湖東部のトルバカ遺跡では、HE期に移動、HE間に定住 (Izuho et al., in press)、モンゴル各地の遺跡から発掘された遺物の年代は、LGMのハイエイタスの存在が示されている (Rybin et al., 2016)。このように、気候・環境と新人の移動定住との間には緊密な関係があることが物的証拠から明らかとなってきた。

本公募研究は、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、バイカル湖の堆積速度 (約4 cm/kyr) に比べて約50倍以上の堆積速度を有するダラハド盆地の湖成層を用いて、非破壊 μ -XRF測定による高解像度の古環境記録の復元を行ってきた。本稿では、その現状報告を行う。

2. 堆積物コアと分析方法

本研究で使用する堆積物コアは、2010年3月~5月にダラハド盆地で国際掘削プロジェクト (Darhad Drilling Project、日・蒙・露・韓) で採取された3本の長尺コアである (図1; Krivonogov et al., 2012)。これらのコアは盆地中心部から回収され、DDP10-1コアが全長96.3 m (海拔 1505.6 m)、DDP10-2コアが全長139.0 m (海拔 1501.8 m)、DDP10-3コアが全長164.5 m (海拔 1500.4 m) となる。採取された堆積物コアは、鉛直方向に半割され、岩相記載、写真撮影が行われた後、年代測定や化学分析等の各

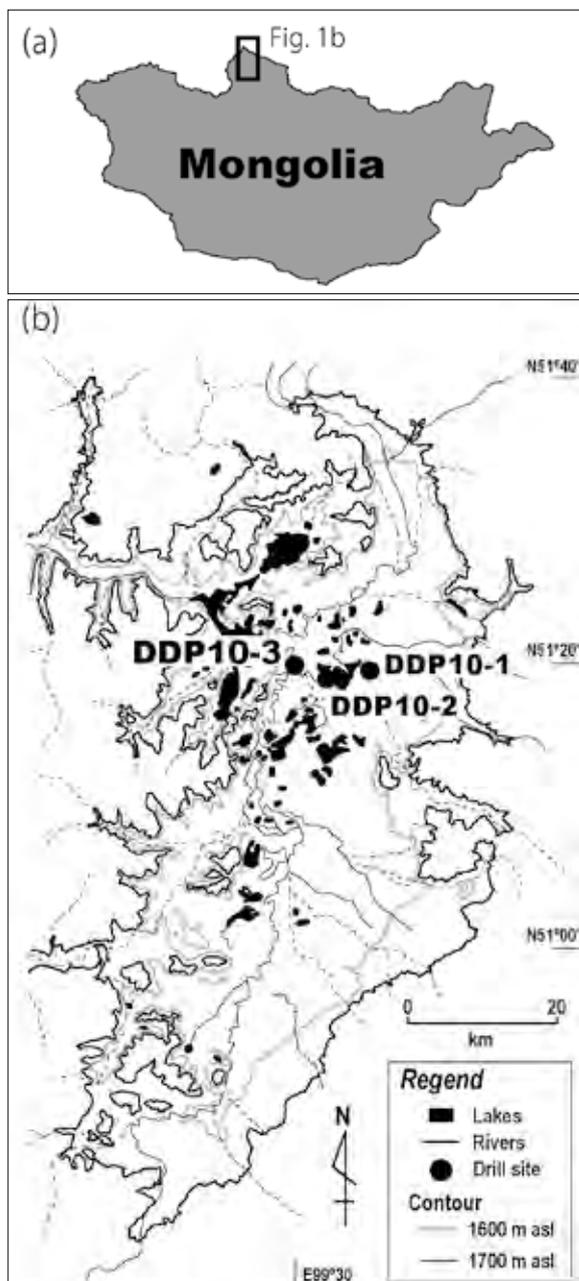


図1：モンゴル北部ダラハド盆地と掘削コアの採取地点

種項目に応じて試料分取が行われた。本研究は、非破壊 μ -XRF測定用として連続採取されたUチャンネルコア試料と、XRFとXRDのバルク分析用として3 cm毎に分取された試料がそれぞれ用いられた。

非破壊 μ -XRF測定用試料は凍結乾燥後、真空デシケータ内で低粘性エポキシ樹脂 (E205) を含浸させ、ダイヤモンドカッターで鉛直方向に切断し、研磨剤を用いて測定面を平滑化したものを準備した。バルク分析用試料についても凍結乾燥させ、メノウ乳鉢で粉碎混合したものを準備した。

非破壊 μ -XRF測定は、走査型X線分析顕微鏡 (SXAM) が用いられた。測定条件は、測定時間3600s×12回、走査幅169.984 mm、画素数256 pixel×256 pixelとなる。得られたXRF画像は、画像処理法ラミネーショントレーサーを用いて層理面に沿って平均処理し一次元データに変換された (Katsuta et al., 2003; 2007)。一方、主要元素の定量分析は、ガラスビード法を用いたXRF-WD (Rh anode, 60 mA, 50 kV)、粉末XRD測定は、CuK α 線 (40 kV, 45 mA) を用いて、 $0.02^\circ/\text{s}$ で $3\sim 50^\circ$ の 2θ 範囲で行われた。

本稿では、氷河湖時の最水深部とされ、3本のコアで最も回収率が高く長期間の記録を有するDDP10-3コアの分析結果を示す。DDP10-3の堆積年代は、深度16.5 mまでが土壌と植物片の ^{14}C 年代で (未公表)、深度16.5 m以深は古地磁気年代層序をもとに確立されている (未公表)。平均堆積速度は1.13 m/kyr、過去約120 kyrの記録である。

3. 結果と考察

SXAMで検出されたDDP10-3堆積物の構成元素は、Si、S、K、Ca、Ti、Mn、Feとなる (図2)。粉末XRD測定結果から、Caはlow-Mg方解石 (LMC)、Si、K、Ti、Feは造岩鉱物の石英、イライト、角閃石、長石、Sは黄鉄鉱に由来する (図3)。

図4に、過去120 kyr間のDDP10-3堆積物の元素プロファイルを示す。Caで示されるLMCは約90 ka~約75 kaと約40 ka~約15 kaで欠乏し、

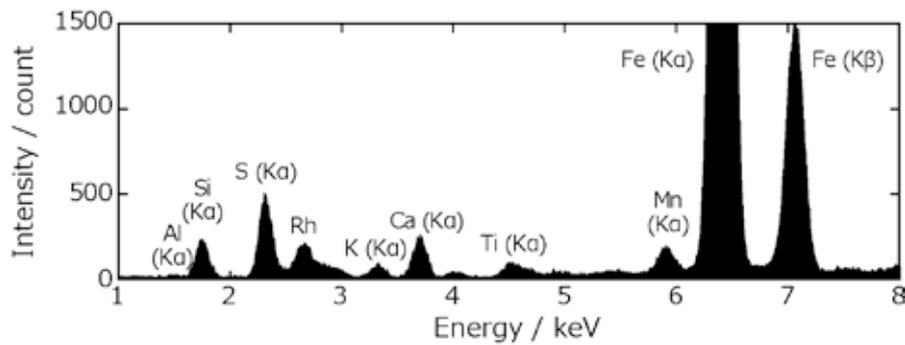


図2 SXAMで得られたDDP10-3コアの μ -XRFエネルギースペクトルの例。Rhは一次X線源に由来する

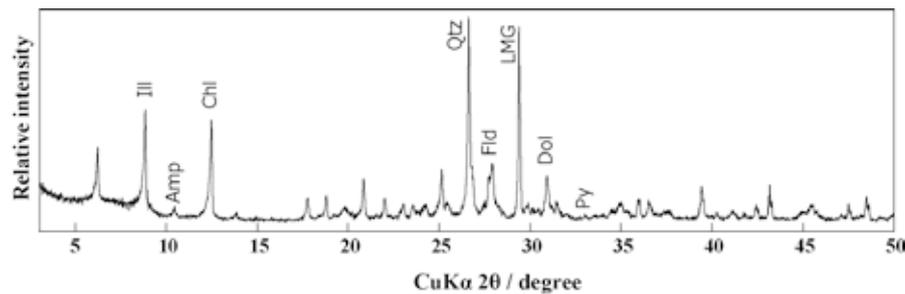


図3 DDP10-3コアのXRDパターン。Illはillite、Ampはamphibole、QtzはQuartz、Fldはfeldspar、LMGはlow-Mg calcite、Dolはdolomite、Pyはpyriteを示す

これとは逆に、Feで特徴づけられる碎屑物量は増加傾向を示す。これは、予察的研究で行った約1 m間隔ごとのXRF-WDとXRD分析で得たLMC含有量やMg/Al比とCa/Al比と整合する(勝田, 2018)。このことは、2つの期間では湖水の塩濃度が低下し、淡水の水河湖が成立していたことを意味する。掘削地点のHodon地域(海拔1500.4 m)は現在陸地であるが、最終氷期の水河湖成立時には、最水深部とされる。その水位は、地形調査によって、海拔1700 mに達したと推算されており(Krivanogov et al., 2012)、したがって、最大水深は、約200 mまで達していたものと考えられる。

DDP10-3堆積物のMn含有量は、CaやFe含有量と同様に、約50~10 kaにかけて高い値を示す。XRD分析結果から、Mnを特徴づける鉱物は認められず、非晶質のMn酸化物や水酸化物であると推察される。こうしたMn酸化物や水酸化物の生成は、表層水から深層水が酸化的水圏環境であったことを意味し、顕著な寒冷化に伴う鉛直混合の強化で生じたものと考えられる。

DDP10-3堆積物のSで示されるパイライトも、氷河湖成立期を含む約75 ka~約15 kaにかけて一時的に高い含有量を示し、その濃集ピークはDOCやHEとおおよそ対比することができる。モンゴル北部は、シベリア永久凍土南限に位置し、ダラハド盆地周辺は連続永久凍土地帯に属する。Katsuta et al. (2017)は、モンゴル北部フブスグル湖及びエルヘル湖とシベリア南東部バイカル湖の堆積物の水文指標の比較から、約15 ka~約10 kaの後退氷期において、顕著な差があることを見出し、その差の原因は、シベリア永久凍土の分布に起因することを示唆した。具体的には、フブスグル湖では、約13.2-11.6 kaにかけて脱塩湖化を生じ、エルヘル湖では約12.82 kaに河川環境から湖成環境へ遷移してきた。同様の結果は、DDP10-3で発見された約13.8 kaの約270枚の年層記録と整合し、この期間にダラハド盆地は氷河湖から陸成層に変化した(勝田, 2018)。一方で、モンゴル北部から僅か200 kmにあるバイカル湖周辺地域は、約15.0 ka~約6.0 kaにかけて徐々に湿潤化していった。こうしたフブスグル湖やエルヘ

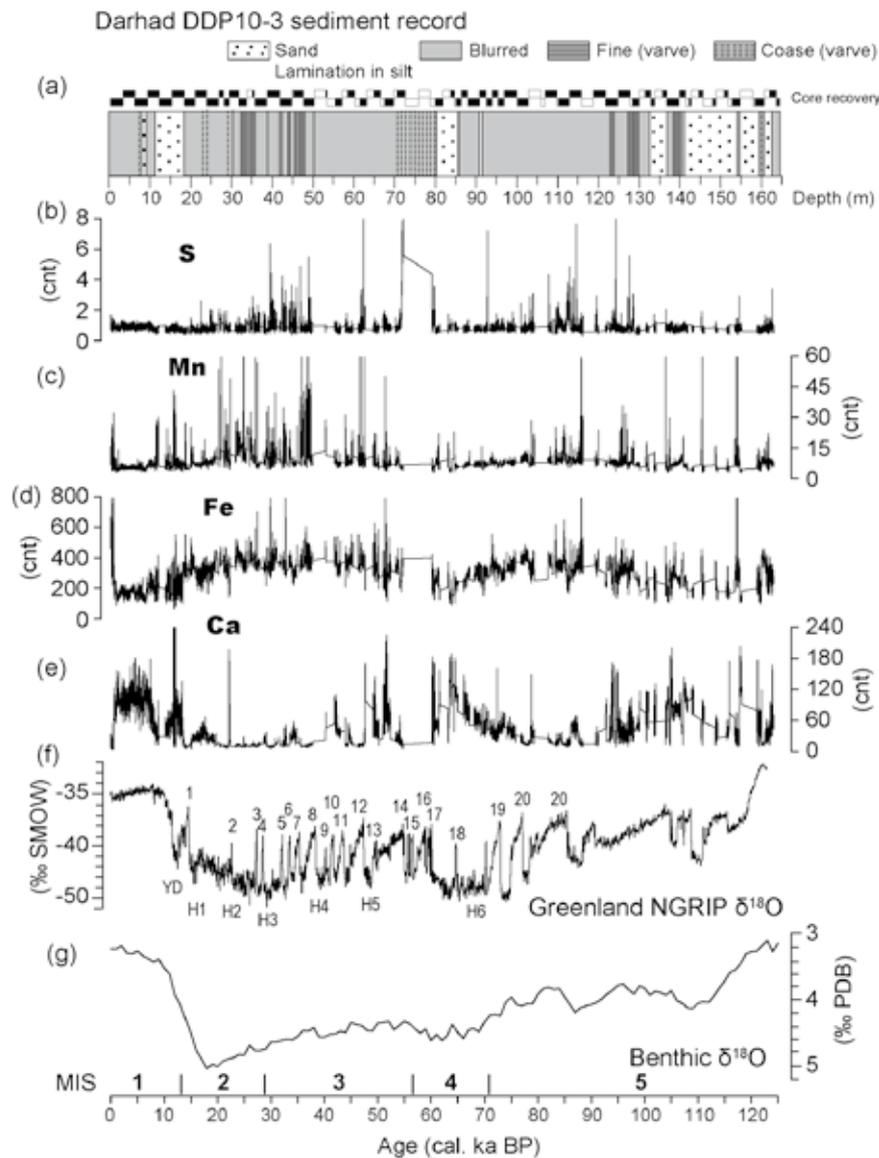


図4 (a-e) DDP10-3コアの記録と(f)氷床コア $\delta^{18}\text{O}$ (Lisiecki and Raymo, 2005) の及び(e)底生有孔虫 $\delta^{18}\text{O}$ 曲線 (NGRIP 2004) との対比。(f)の番号は、ダンスガード・オッシュガーサイクル (Dansgaard et al., 1993)、YDはヤングガードリアス、Hはハインリッヒイベント (Bond et al., 1993) を示す。

ル湖堆積物には、遷移期や完新世初期にS濃集層が認められる。これは山岳氷河や永久凍土の融解に伴うものと推察されている (Katsuta et al., 2017)。したがって、DDP10-3で見られるS濃集は、DOCやHEに伴う急激な温暖化で、大陸内の氷が一時的に融解したことを意味すると考えられる。

参考文献

Bond, G., Broecker, W., Johnson, S., McManus, J., Labeyrie, L., Jouzel, J., Bonani, G. (1993) Correlations between climate records from North Atlantic sediments and Greenland ice. *Nature* 365: 143-147.

Dansgaard, W., Johnson, S. J., Clausen, H. B., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N. S., Hammer, C. U., Hvidberg, C. S., Steffensen, J. P., Sveinbjörnsdottir, A. E., Jouzel, J., Bond, G. (1993) Evidence for general instability of past climate from 250-kyr ice-core record. *Nature* 364: 218-220.

Goebel, T. (2007) The missing years for modern humans. *Science* 315: 194-196.

Izuho, M., Terry, K., Vasil'ev, S., Konstantinov, M., Takahashi, K., in press. Tolbaga revisited: Scrutinizing occupation duration and its relationship with the faunal landscape during MIS

- 3 and MIS 2. Archaeological Research in Asia.
- 勝田長貴(2018)モンゴル北部・ダラハド盆地湖成堆積層に記録される過去12万年間の古環境変動解析. 科学研究補助金新学術領域研究「パレオアジア文化史」, 計画研究A03 平成29年度研究報告書, 20-24.
- Katsuta, N., Ikeda, H., Shibata, K., Saito-Kokubu, Y., Murakami, T., Tani, Y., Takano, M., Nakamura, T., Tanaka, A., Naito, S., Ochiai, S., Shichi, K., Kawakami, S.-I., Kawai, T. (2018) Hydrological and climate changes in southeast Siberia over the last 33 kyr. *Global and Planetary Change* 164: 11-26.
- Katsuta, N., Matsumoto, G. I., Tani, Y., Tani, E., Murakami, T., Kawakami, S.-I., Nukamura, 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.
- Katsuta, N., Takano, M., Kawakami, S., Togami, S., Fukusawa, H., Kumazawa, M., Yasuda, Y. (2007) Advanced micro-XRF method to separate sedimentary rhythms and event layers in sediments: its application to lacustrine sediment from Lake Suigetsu, Japan. *Journal of Paleolimnology* 37: 259-271.
- Katsuta, N., Takano, M., Okaniwa, T., Kumazawa, M. (2003) Image processing to extract sequential profiles with high spatial resolution from the 2D map of deformed laminated pattern. *Computers & Geosciences* 26: 725-740.
- Krivonogov, S. K., Yi, S., Kashiwaya, K., Kim, J. C., Narantsetseg, T., Oyunchimeg, T., Safonova, I. Y., Kazansky, A. Y., Sitnikova, T., Kim, J. Y., Hasebe, N. (2012) Solved and unsolved problems of sedimentation, glaciation and paleokales of the Darhad Basin, Northern Mongolia. *Quaternary Science Reviews* 56: 142-163.
- North Greenland Ice Core Project members (2004) High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period. *Nature* 431: 147-151.
- Lisiecki, L. E. and Raymo, M. E. (2005) A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. *Paleoceanography* 20, PA1003.
- Prokopenko, A. A., Williams, D. F., Karabanov, E. B., Khursevich, G. K. (2001) Continental response to Heinrich events and Bond cycles in sedimentary record of Lake Baikal, Siberia. *Global and Planetary Change* 28: 217-226.
- Rybin, E. P., Khatsenovitch, 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.

南ヨルダン遺跡堆積物を用いた旧石器時代古気候復元

奈良 郁子 名古屋大学宇宙地球環境研究所

門脇 誠二 名古屋大学博物館

1. はじめに

地中海東側沿岸にあるレバント地域は、現生人類(ホモ・サピエンス)が、ユーラシア大陸北方からシベリア地域へ、またはインドを經由しオーストラリアへ拡散した起点である。レバント地域における人類の拡散、及び文化形成に対する当時の気候変動影響の評価を目的として、レバント地域の石筍試料や湖底堆積物を用いた研究が進められている(例えば、Roberts et al., 2017; Timmermann and Friedrich, 2016)。しかしながら、これら試料が得られた地域は地中海性気候の影響下を強く受けている。中部旧石器時代のネアンデルタール人の分布域は地中海沿岸の森林地帯のみであったのに対し(Henry, 2017)、同時期のホモ・サピエンス居住地域は乾燥地域にも広がっていたことがわかっている(門脇 2017)。このことは、乾燥地域における古気候データの蓄積が重要であることを意味している。

本研究では、南ヨルダン・カルハ山(Jebel Qalkha)に位置する上部旧石器時代の遺跡調査によって得られた遺跡堆積物試料を用いて、粘土鉱物学・鉱物学・堆積学的手法から遺跡埋没当時の古気候復元を進める。地質試料中の鉱物及び粘土鉱物組成は周辺地質を反映し、かつ乾燥・湿潤といった気候環境変動に強い影響を受け、その組成や結晶度を変化させる。また、堆積物の粒度(構成粒子の粗さ)も同様に、主に堆積当時の乾燥・湿潤の変化によってその粒径が変化すると考えられる。多様な解析アプローチを用いることにより、堆積当時の気候条件をより正確に復元することが期待できる。

ワディ・ヒスマ西部における先史遺跡堆積物試料を用いた地球化学測定は、2017年9月に行われ

た調査において採取された試料を用いて、長谷川らによって分析が進められている(Hasegawa and Kadowaki, 2017)。現在、Tor Hamar(トール・ハマル、終末期旧石器時代～上部旧石器時代前期; Early Upper Paleolithic-Early Epipaleolithic)、Tor Fawaz(トール・ファワズ、上部旧石器時代初期～前葉; Initial-Early Upper Paleolithic)、Tor Faraj(トール・ファラジ、中部旧石器時代後期; Late Middle Paleolithic)の遺跡堆積物の主要化学元素組成比(Si/Al, K/Al, Ca/Al, Fe/Al, P/Al)結果が報告されており、Tor Hamar上部における急激なK/Alの増加から、気候の乾燥化が示唆されている。本研究では、これまで得られた先史遺跡堆積物試料の地球化学測定結果をより強固とするために、同一層準から採取された試料を用いて粒度分析を行った。南ヨルダンカルハ山において行われた先史遺跡調査において採取された堆積物試料を用いた、粉末X線回折測定による鉱物・粘土鉱物組成解析結果と併せて報告を行う。

2. 試料と方法

本研究では、2017年にヨルダン国南部アカバ県のカルハ山(Jebel Qalkha, 29°56'00"N, 35°17'00"E、図1)で採取された遺跡堆積物を試料として用いた。カルハ山は死海地溝帯南部の東岸に位置する、年間降水量50 mm以下の乾燥地帯である。これまでの発掘調査において、Tor Faraj、Tor Fawaz、Tor Hamarの遺跡において遺跡堆積物の採取が行われている。Tor Hamar遺跡第1区(Block I)のC層(Layer C)で得られた試料(THLC)、およびTor Faraj遺跡D2層

で得られた試料(TFD2)を粉末XRD測定、微量元素分析、生元素分析に供与した。また、Tor Faraj、Tor Fawaz、Tor Hamarの遺跡において、2cm径・10cm長のプラスチック製パイプとステンレス製パイプを用いて、連続的に採取された遺跡堆積物を粒度分析に供与した。

採取された試料を用いて粉末X線回折分析(Powder X-ray diffraction analysis; XRD)、微量元素分析、生元素(窒素、有機態炭素、硫黄)分析、粒度分析を行った。XRD分析は、瑪瑙乳鉢で試料を均一化したのち、名古屋大学博物館所有のXRD装置(MiniFlex, Rigaku)を用いて行った。生元素(窒素、無機態炭素、有機態炭素、硫黄)分析は、名古屋大学宇宙地球環境研究所年代測定研究部所有の元素分析計(vario EL cube, Elementar)を用いた。有機態炭素(TOC)の測定は、1N-HClにて酸処理し、炭酸塩を除去した試料を分析に供与した。粘土画分のXRD分析は、ステンレス篩を用いて32 mm以下の粒子を得たのち、水

ひ法にて粘土画分を得た。酸処理は1N-HClを用いて行った。粉末XRDでは加速電圧を20 kv、粘土鉱物測定では40 kvを用いて測定した。微量・希土類元素分析は、名古屋大学環境科学研究科地球化学研究室所有の誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS, Agilent 7800)を用いて行った。乾燥、均一化した試料をHF/HNO₃処理により溶解・乾固し、2% HNO₃溶液にて再度溶解したものをICP-MS測定に供与した。ICP-MS分析における内部標準として、InおよびBiを使用した。生元素分析には、元素分析計(vario EL cube, Elementar)を用いた。有機態炭素(TOC)の測定は、1N-HClにて酸処理し、炭酸塩を除去した試料を分析に供与した。粒度分析においては、62 mm径のステンレス製篩を用いて湿式法により試料の篩わけを行ったのち、分画された試料それぞれに対してH₂O₂およびHCl処理を行い、試料中に含まれる有機物および炭酸塩の除去を行った。レーザー回折式粒子径分布測定装置(SALD-3000)を用いて、粒径分布測定を行なった。

表1 Tor Hamar およびTor Faraj 試料の元素分析結果

Sample Name	TN (wt%)	TIC (wt%)	TOC (wt%)	TS (wt%)
Tor Hamar Layer C	N.D	1.61	0.42	0.08
Tor Faraj D2	N.D	N.D	N.D	N.D

TN: Total Nitrogen, TIC: Total inorganic carbon, TOC: Total organic carbon, TS: Total sulfur

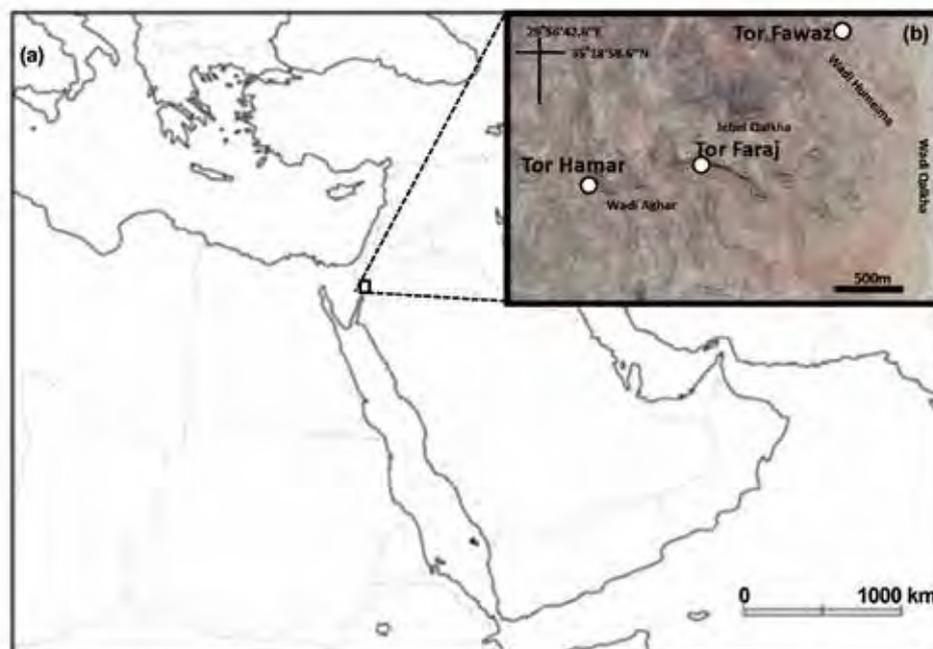


図1 (a) 西アジア図、(b) カルハ山周辺

3. 結果

XRD測定結果より、THLC試料は石英(Quartz)、方解石(Calcite)および粘土鉱物としてカオリナイトが見られた(図2a, c and d)。一方、TFD2試料は石英以外の鉱物は見られなかった(図2b)。THLC試料には僅かの有機態炭素(TOC, 0.42%)が含まれ、生元素が検出されたが、TFD2試料中の生元素濃度は、全ての元素において検出限界以下であった(表1)。THLC試料には、粘土鉱物が含まれるため、

THLC試料に含まれるTN、TOCおよびTSは、粘土鉱物に吸着した有機物であると考えられる。2017年調査での露頭観察から、THLCおよびTFD2試料は、両試料共に、崩落礫層に区分されている(長谷川ら, 2018)。THLC試料において、粘土鉱物およびTOCが検出されたことは、Tor Hamar Blocl I C層が、上部からの崩落堆積物のみで構成されているのではなく、粘土鉱物を試料採取地点へ運搬する別のメカニズムが存在していたことを示す。これは、Tor

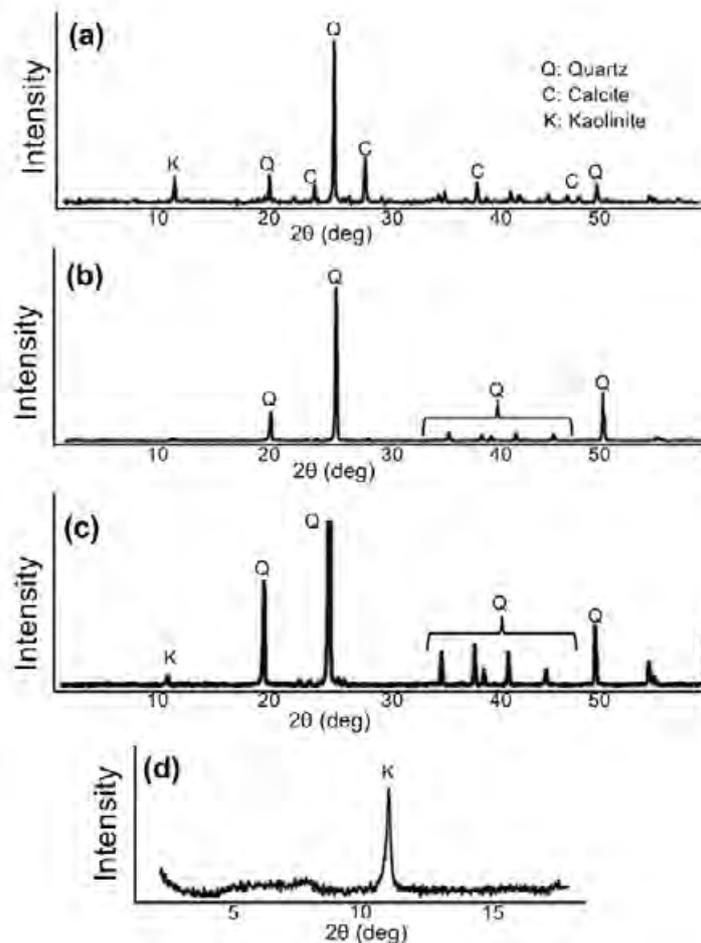


図2 XRD測定結果(a) THLC、(b) TFD2、(c) THLC(酸処理後)、(d) THLC粘土画分

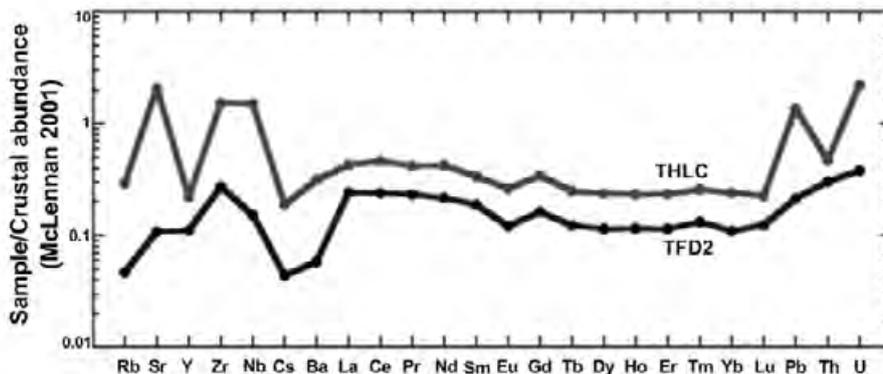


図3 元素パターン

Hamar Blocl I C層周辺において、堆積時に土壌の形成を促す環境および、粘土鉱物が運搬される水の流れが存在していたことを示唆し、Tor Hamar Blocl I C層の時代において、Tor Faraj D2層の時代と比較してより湿潤であった可能性を示唆する。

THLCおよびTFD2試料の微量元素分析結果を、元素パターンとして図3に示す。THLCおよびTFD2試料共に、ほとんどの元素において似た元素パターンを示すが、THLC試料においてCa、Sr、BaとPbの濃集が見られた(図3)。粉末XRD測定から、THLC試料が方解石およびカオリナイトを含むことがわかっている。Ca、Sr、BaとPbは方解石およびカオリナイトにそれぞれ取り込まれる性質を持つことから(長沢、1987)、THLC試料におけるCa、Sr、BaとPbの濃集は説明できる。一方、希土類元素パターンは、両試料において顕著な違いは見られず、希土類元素パターンは、崩落堆積物からの影響を強く受けていると考えられる。

Tor Hamar、Tor Fawaz、およびTor Faraj

遺跡堆積物の粒度分布図をFig. 4に記す。砂粒画分(Sand fraction)において、粒径は約200~450 μm の範囲で変動した。Tor HamarのC層およびTor FarajのD2層下部において、粒径が大きく変化した(図4)。これらの層に対応して、無機元素比(Si/AlおよびK/Al)が、それぞれ増加と減少を示した。長谷川ら(2018)により、透過および偏光顕微鏡を用いたTor FarajのSi/Al増加期に対応した遺跡堆積物中のラミナ層の観察結果より、Tor FarajにおけるSi/A/増加期の遺跡堆積物は風成起源の砂粒が水流で運搬されて形成されたと報告されている。Tor Faraj D2層における砂粒画分の増大は、この報告を支持するものであり、Tor Faraj D2層が比較的湿潤な気候であったことを示唆する。同様の傾向(砂粒画分の増加、Si/Alの増加、K/Alの減少)は、Tor Hamar遺跡堆積物のC層でも確認できた(図4)。前述の通り、Tor HamarのC層からは、粘土鉱物と有機物が検出されている。これらの結果は、Tor HamarのC層においても、湿潤気候が優先的であったこ

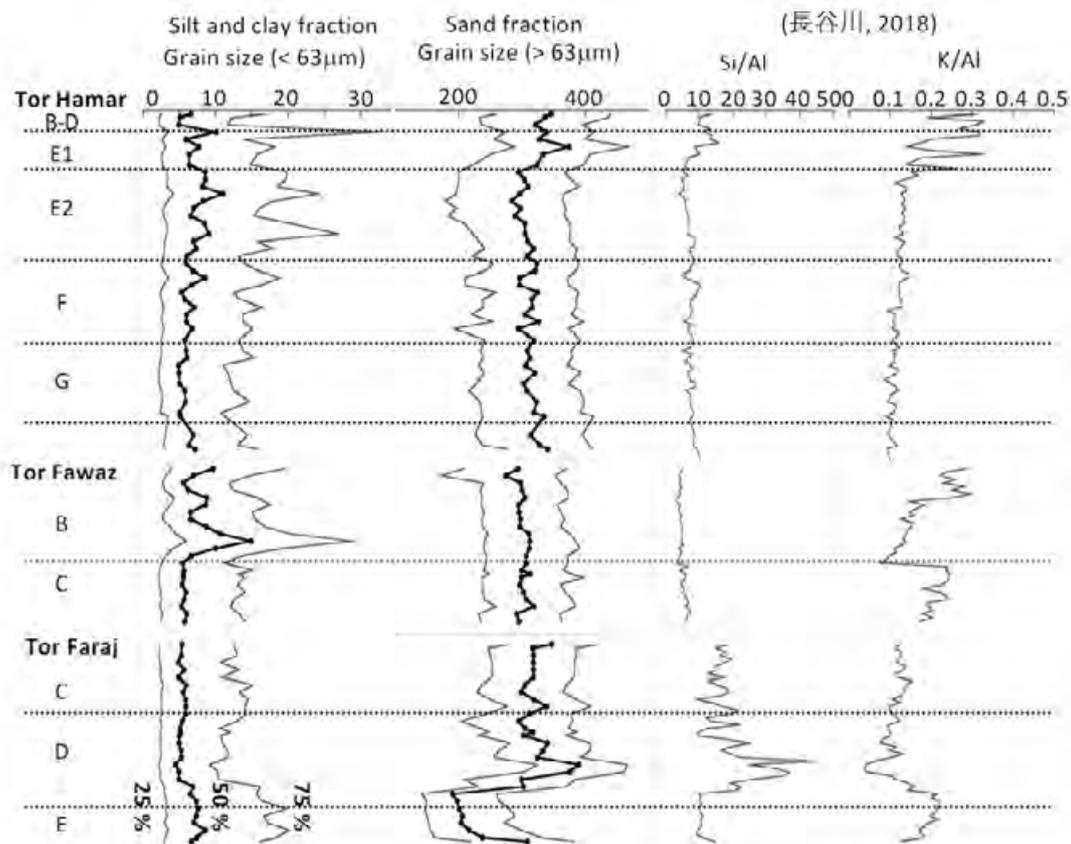


図4 遺跡堆積物粒度分布図

とを示し、かつ土壌の形成がTor Farajよりも発達していたことを示唆する。一方、細粒画分(Silt and clay fraction)においては、Tor FarajのE層からD2層にかけて、Tor FawazのC層、Tor HamarのD層下部およびB層下部において、急激な増加傾向を示すことがわかった(図4)。これらの変動は、Tor FarajのE層、Tor HamarのB層において、K/Alの増加期を伴う。K/Alの増加は、より乾燥が卓越した気候を示唆する。乾燥気候の卓越により、風速(wind intensity)が増加され、細粒画分における粒度の増加が引き起こされた可能性が考えられる。一方で、無機元素比の変化を伴わず、細粒画分における粒度が変化する層も確認された。これらの層においては、乾燥化により堆積物構成粒子が変化しながらも、堆積物の起源変化および風化過程の影響が少なかったことが考えられる。

4. まとめ

古環境復元を目的とし、南ヨルダン遺跡堆積物を用いた鉱物学・地球化学・堆積学的分析を進めた。粉末XRD分析により、Tor Hamar Block IのC層において、粘土鉱物(カオリナイト)を確認した。同様に堆積物中に有機物(TN、TOC、TS)が含まれることを確認し、この時代においては、比較的湿潤な環境であったことが示唆された。

遺跡堆積物の粒度分析より、砂粒画分の粒度変化が、無機元素比から示される環境復元結果と矛盾がないことがわかった。細粒画分の粒度変化も、乾燥気候への変化を示唆するものであり、南ヨルダン遺跡堆積物の粒度分析が古環境復元解析に有効であることを明らかにした。

謝辞

本研究を進めるにあたり、XRD測定において名古屋大学博物館・吉田英一教授、名古屋市科学館・西本昌司主任学芸員、ICP-MS分析において、名古屋大学ISEE・南雅代准教授、名古屋大学環境学研究科・浅原良浩准教授に、粒度分析において名古屋大学環境学研究科・堀和明准教授に大変お世話になりました。ここに

御礼申し上げます。

参考文献

- Hasegawa H., Kadowaki S. (2017) Paleoenvironmental reconstruction of Middle-Upper Paleolithic and early Epipaleolithic sites in the Jebel Qalkha area, southern Jordan (Preliminary results). The 4th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Tokyo University, Tokyo, December 9-10, 2017: 68-69
- 長谷川 精・門脇誠二・田村 亨 (2018) 南ヨルダン中部・上部・終末期旧石器時代遺跡堆積物からの古環境復元の試み(速報). パレオアジア文化史学研究計画A03班2017年度研究報告 29-34.
- Henry D.O. (2017) Neanderthals in the Levant: intra-site and regional analyses. The 2nd Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University Aichi, February 10-12, 2017: 4-5.
- 門脇誠二 (2017) ホモ・サピエンスのアジア定着期における行動様式の解明:目的・方法と2016年度の取り組み. 1-6. パレオアジア文化史学研究計画A02班2016年度研究報告.
- 長沢敬之助 (1987) カオリン質粘土の鉱床学. 53-61. 粘土科学.
- McLennan, S.M. (2001) Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 2, 2000GC000109.
- Roberts, N, et al. (2017) Human responses and non-responses to climatic variations during the last Glacial-Interglacial transition in the eastern Mediterranean. *Quaternary Sci. Rev.* 184: 47-67.
- Timmermann, A., Friedrich, T. (2016) Late Pleistocene climate drivers of early human migration. *Nature* 538: 92-95.

ヨルダン南部Jebel Qalkha遺跡, ウズベキスタンAnghilak遺跡, カザフスタン Kuzulaus 2遺跡でのOSL年代の試料と予察結果

田村 亨 産業技術総合研究所

門脇 誠二 名古屋大学

西秋 良宏 東京大学

国武 貞克 奈良文化財研究所

1. はじめに

ホモ・サピエンスの拡散やその旧人との交替のプロセスを理解する上で、考古遺跡資料や関連する古環境アーカイブに客観的で絶対的な年代軸を与えることは重要である。汎用的な放射性炭素年代測定の信頼性は高いが、約5万年前の測定限界を越える試料を扱う場合、または有機物や貝殻片などが含まれない遺跡では、その適用が困難である。

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、まさにこうした放射性炭素年代測定の欠点を補う手法である。OSL年代の適用年代範囲は過去数十年から数十万年と広範で、また、鉱物粒子(石英・長石)に直接適用できることでも優れている。

こうした背景から、A01、A02、A03班の共同で、各地の遺跡において試料採取とOSL年代測定に取り組んでいる。ここでは、今年度成果が得られたヨルダン南部のJebel Qalkha遺跡、ウズベキスタンAnghilak遺跡、カザフスタンKuzulaus 2遺跡での取り組みについて報告する。

1-1. Jebel Qalkha遺跡

ヨルダン南部のJebel Qalkha地域には、中期旧石器時代から終末期旧石器時代への移行期の複数の考古遺跡が分布する(Kadowaki, 2017;

Kadowaki, 2018)。これらの遺跡は当時の人類の行動や文化、気候変動への適応などを理解するための貴重な資料であり、従来から盛んに研究されてきた。A02班により2016年から、終末期旧石器時代から後期旧石器時代までの広範な時代の遺物を含むTor Hamarをはじめ、後期旧石器のTor Aeid、Tor Fawaz、Wadi Aghar、さらに中期旧石器時代の遺物を包含するTor Farajのサイトでトレンチの再発掘が行われている。これらの近接するサイトではそれぞれが違う時代の遺物を含むため、OSL年代測定の適用により一貫した時間軸を確立した上で、他地域と対比しながら遺物の時間変化を検討することが重要である。今年度は、昨年度と今年度の発掘で採取された堆積物試料を対象にOSL年代測定を行った。

1-2. Anghilak遺跡

Anghilak遺跡はウズベキスタン南部の中期旧石器時代の洞窟遺跡で、人骨が見つまっている(Nishiaki, 2017)。2002~2004年の発掘により得られた試料のAMS放射性炭素年代(未校正)は27,000~43,900年前の年代が得られており(Glantz, 2006; Beeton *et al.*, 2014)、中期旧石器時代の年代としては極めて若く、他地域では後期旧石器文化が繁栄していた年代である。つまり、これらの放射性炭素年代値を信じれば、他地域では新人の分布が拡大すると同時に中央アジアにおいては旧人や中期旧石器文

化が残存していたことになる。ただし、こうした測定限界に近い年代の場合、放射性炭素年代の評価には注意が必要であり、OSL年代測定を合わせて検討する必要がある。今年度は、昨年度に発掘された堆積物試料を対象にOSL年代測定を行った。

1-3. Kuzulaus 2遺跡

Kuzulaus 2遺跡はカザフスタン南東部の天山山脈北麓において、昨年度に新たに発見された地点である(国武, 2018)。中央アジア北部の広大な地域を占めるカザフスタンには後期旧石器時代の遺跡が点在するが、石器文化の議論に耐え得る地点の数は限られている。Kuzulaus 2遺跡ではこれまでに石核、石刃、スクレイパーなどが見つかり、当地域の後期旧石器文化の検討において重要な地点となる可能性があるが、周辺に対比可能な遺跡も少なく、年代測定を行った上で議論を進めることが有効である。今年度は、今年度の前半に行われた試掘において採取された堆積物試料を対象にOSL年代測定を行った。

2. 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曝量(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。

$$\text{OSL年代 (year)} = \frac{\text{蓄積線量 (Gy)}}{\text{年間線量 (Gy/year)}}$$

2-1. 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。Jebel Qalkhaでは大半の試料を直径4~5 cmで長さ15 cmの塩ビ管またはアルミニウム管をトレンチ壁面に打ち込むことにより採取したが、固結が進んだ箇所は塩ビ管の打ち込みが不可能で

あったため、厚さ5 cm以上のブロック試料を採取した。AnghilakとKuzulaus 2では全試料を塩ビ管の打ち込みにより採取した。

2-2. 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。ブロック試料は表面から1~2 cmを剥いで同様に含水率測定とICP-MS分析に用い、内側の部分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。大部分が砂から構成されるJebel Qalkhaの試料は、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62~90 μm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、比重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62 μmの篩にかけることで石英を抽出した。一方、AnghilakとKuzulausの試料は泥が主体のため、粒径4~11 μmの粒子を対象とする細粒法を用いた。細粒試料の調整では、まず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、シリンダーでの沈降法により粒径4~11 μmの粒子を抽出したのち、その一部をさらにケイフッ化酸により2週間エッチングすることで石英を抽出した。エッチングを行わなかった試料はカリ長石を含む多鉱物試料(polymineral grain)として測定に用いた。試料は直径9.8 mm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。

2-3. 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⁹⁰Sr密封ベータ線源が備わっている。青色LEDは粗粒および細粒の石英試料の励起に用い、赤外線LEDは粗粒のカリ長石試料と、細粒の多鉱物試料の励起に用いる。⁹⁰Sr密封ベータ線源は試料への放射線照射に用いる。

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400 nm以下の光を光電子倍增管 (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°Cまで加熱 (プレヒート) された後、一旦冷却して再び125°C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)、OSLの感度変化を補正する。

カリ長石および多鉱物試料の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、多鉱物試料においても大部分がカリ長石からの信号である (Huntley *et al.*, 1991)。試料はプレヒートを加えた後、50°Cま

で加熱して赤外励起してIRSLを得て、さらに高温まで加熱して再び赤外励起することにより、post-IR IRSL (pIRIR) と呼ぶ。これら信号の略称は、測定時の加熱温度をつけて、50°CのIRSLであればIR₅₀、150°C、290°CのpIRIRであれば、それぞれpIRIR₁₅₀、pIRIR₂₉₀と示す。励起時間はpIRIRが225°C以上での測定の場合は200秒で、それよりも低い場合は100秒である。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、IR₅₀およびpIRIR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IR₅₀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)。カリ長石と多鉱物の試料については、フェーディングテストをAuclair *et al.* (2003) に従って行った。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において、IR₅₀およびpIRIR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_{2days} 値で表した。

2-4. 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。粗粒試料のアルファ線効率 (a-value: 0.15)、および細粒試料のアルファ線効率 (a-value: 0.08) は、それぞれBalescu and Lamothe (1994),

表1 石英SAR OSL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または200秒間)	Lx IR ₅₀
3	赤外光励起 (100または200秒間)	Lx pIRIR
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または200秒間)	Tx IR ₅₀
7	赤外光励起 (100または200秒間)	Tx pIRIR
8	ベータ線照射・ステップ1へ戻る	

表2 pIRIR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°C, 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)	Tx
6	ベータ線照射・ステップ1へ戻る	

Rees-Jones (1995)による。また、カリ長石のK濃度は $12.5 \pm 0.5 \%$ (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_{2days} 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。

3. 結果と今後の課題

3-1. Jebel Qalkha遺跡

昨年度の測定から、Jebel Qalkhaの粗粒試料(粒径62-90 μm)では、石英、カリ長石ともに検出可能なOSL信号が得られることが分かって

いる。今年度は、蓄積線量を求める手法の妥当性を確かめるために、石英ではプレヒート温度、カリ長石ではpIRIR測定温度を変えて、ドーズリカバリー (dose recovery) 比と蓄積線量の変化を検討した(図1, 2)。ここでドーズリカバリー比とは、天然の試料のOSL (およびIRSL、pIRIR)を人工太陽などで一度リセットした上で、放射線源により既知の線量を与え、その既知の線量がSAR法などにより再現できるかを確かめる尺度である。例えば既知線量として100 Gy与えた試料に対して、SAR法から蓄積線量が95 Gyと出た場合は、ドーズリカバリー比は $95/100 = 0.95$ となる。

石英試料をSAR法により測定した所、プレヒート温度が180°Cの場合を除き、ドーズリカバリー比が ± 0.1 の範囲に収まらず、非常に再現性が悪い(図1)。また、蓄積線量も2倍程度の幅を持ち、プレヒート温度への依存性が強い。こう

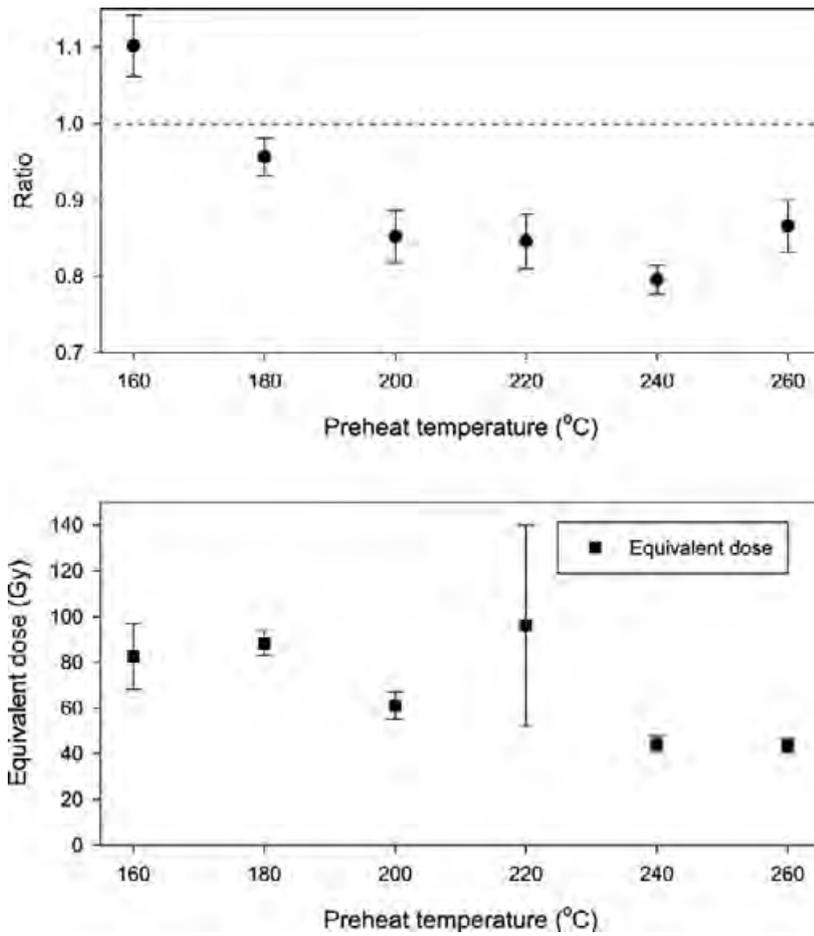


図1 Jebel Qalkhaの石英試料に対するプレヒート温度とドーズリカバリー比(上)と蓄積線量(下)との関係

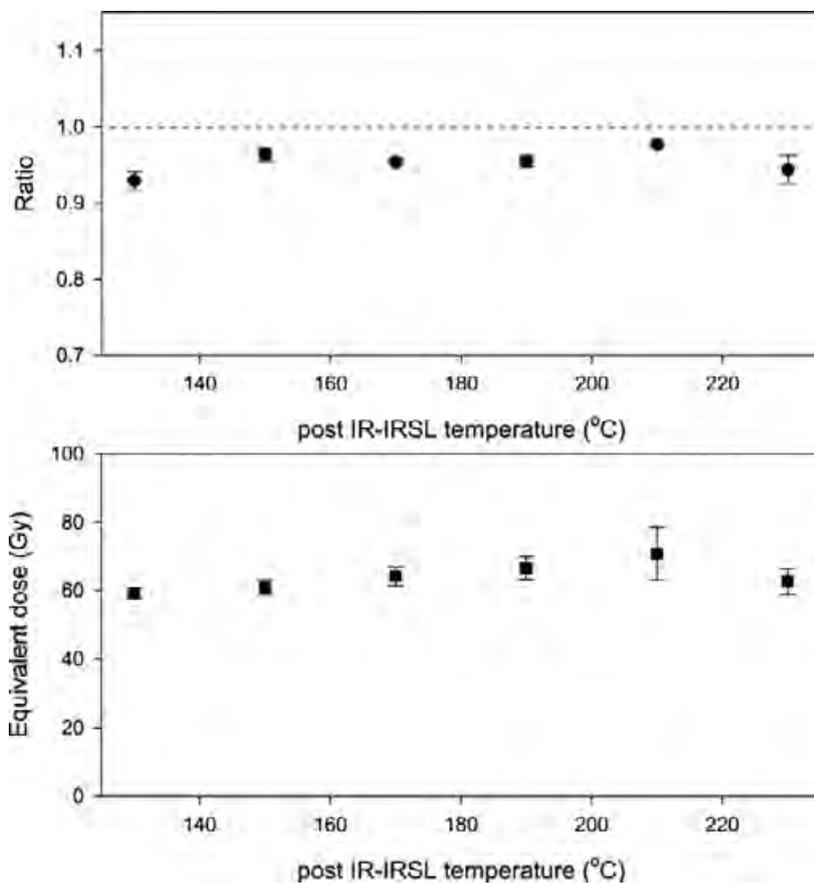


図2 Jebel Qalkhaのカリ長石試料におけるpIRIR測定温度とドーズリカバリー比(上)と蓄積線量(下)との関係

したことから、当地域の石英試料は蓄積線量の定量に適さないと考えられる。原因は不明であるが、SAR法では補正しきれない感度変化である可能性が高い。一方、カリ長石試料のpIRIR法は、ドーズリカバリー比もわずかに1を下回るだけであったことから、蓄積線量の定量に適していると考えられる(図2)。測定温度とともに蓄積線量がわずかに大きくなるのは、高温のpIRIRほど太陽光によるリセットが進みにくくなることから、余剰線量の増加を反映していると考えられる。

以上のテストの結果から、Jebel Qalkhaでの蓄積線量の決定には、測定温度の低いpIRIR₁₅₀を用いた。図3、4にTor Hamarサイト、Wadi

AgharサイトのpIRIR₁₅₀年代を示す。両サイトとも年代値の誤差を考慮すれば層序に矛盾がなく遺物(Kadowaki, 2017; 2018)に整合的な結果が得られた。特にWadi Agharでは全体にTor Hamarの最下部と同程度かやや古い年代が得られた。このことから、Jebel Qalkhaの全てのサイトでpIRIR₁₅₀法を用いることにより、一貫した年代軸を確立できる見込みである。一方、Tor Hamarで参考までに2試料(OSL-11, 25)について石英OSLの年代を求めると、ドーズリカバリーが最も1に近いプレヒートが180°Cの場合で非常に古い結果となり、この地域の石英OSLが年代測定に適さないということが確認された(図3)。

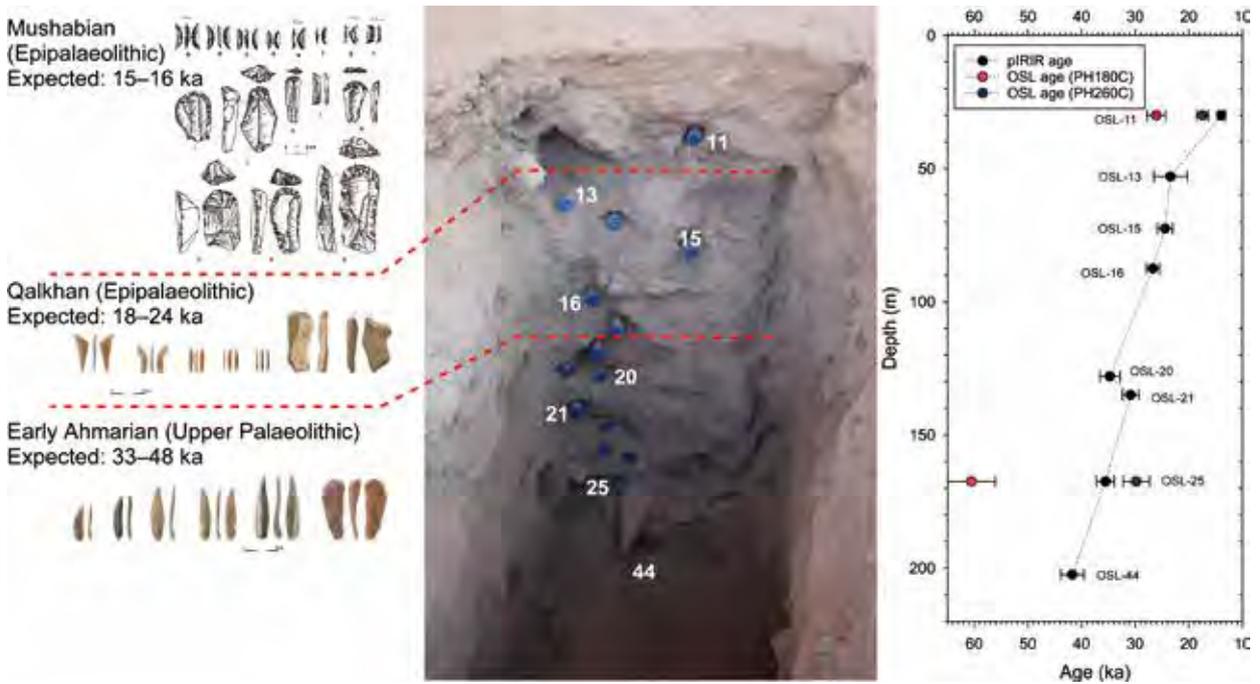


図3 Jebel Qalkha, Tor Hamarサイトから得られたpIRIR₁₅₀年代のシーケンス、OSL-20/21の間のわずかな逆転以外は層序や石器から予想される年代に整合的である。

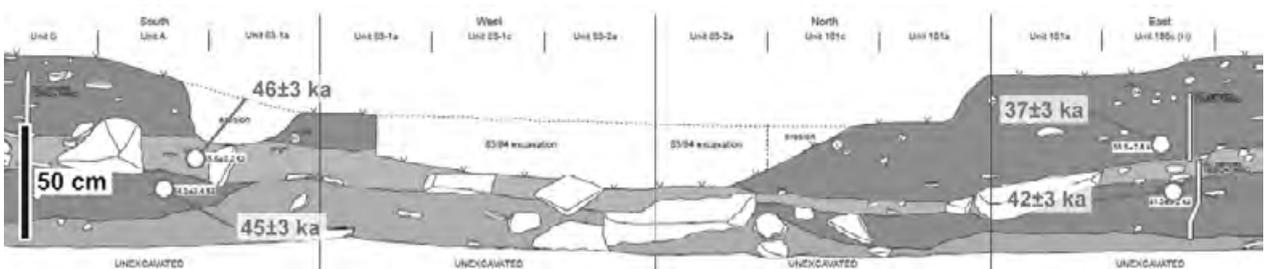


図4 Jebel Qalkha, Wadi Agharサイトのトレンチ断面図とpIRIR₁₅₀年代、4試料の年代値は誤差を考慮すると層序に矛盾せず、Tor Hamarサイトの基底よりもやや古い結果を示す。

3-2. Anghilak 遺跡

Anghilak 遺跡では石英 OSL と多鉱物 pIRIR の両方を検討した。最上位の最も若い試料の石英 OSL は飽和レベルを超えることから、蓄積線量の決定には飽和レベルの高い pIRIR を用いる必要がある (図5)。図6に示すように、pIRIR 測定温

度は、ドーズリカバリー比や蓄積線量に大きく影響する。測定温度が 290°C の場合はドーズリカバリー比がほぼ 1 となるが、それ以外の場合はドーズリカバリー比が大きく 1 を下回り、蓄積線量の定量に適さない。また、蓄積線量は測定温度が高いほど大きくなるが、これは測定温度が高い

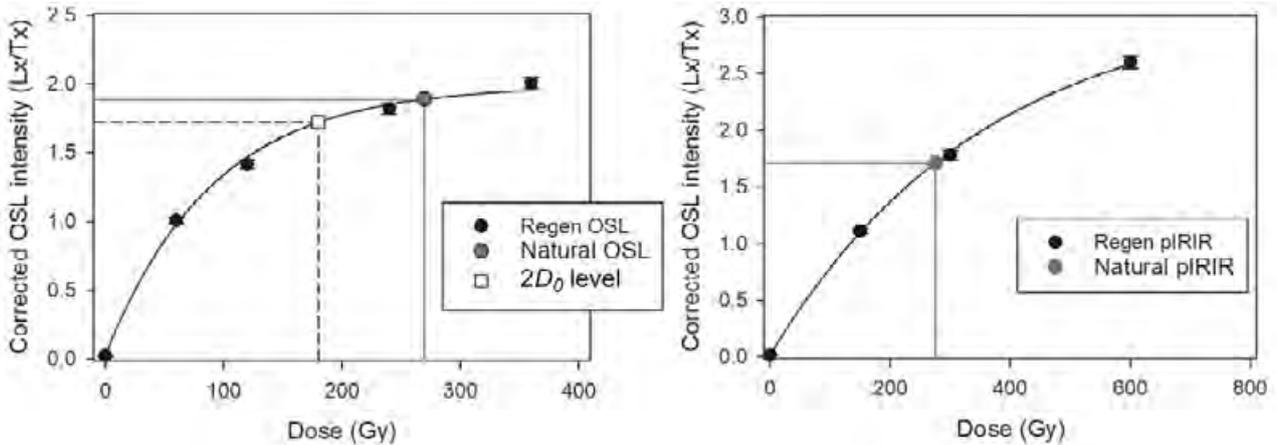


図5 Anghilak 遺跡の石英 (左) および多鉱物 (右) 試料の検量線。2D₀ は、対数飽和曲線の飽和レベルの 86% に相当する線量を表す。石英の自然 OSL は 2D₀ を越えており、飽和しているとみなされる。一方のカリ長石試料では飽和レベルははるかに高く、自然の pIRIR も飽和に至っていない。

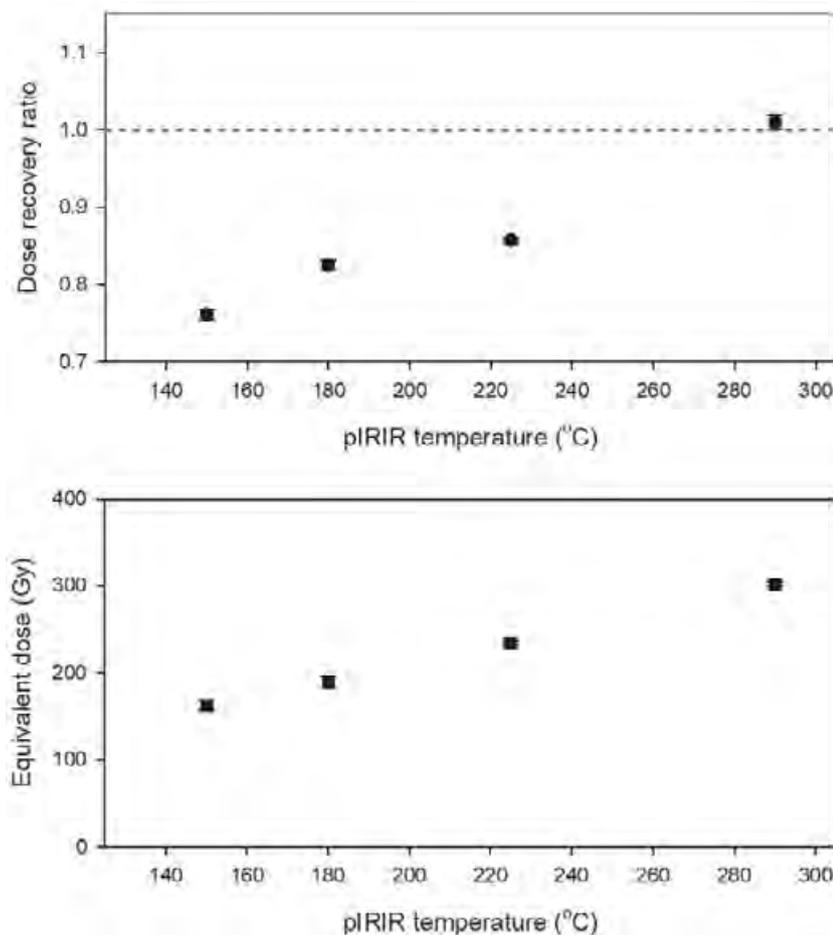


図6 Anghilak 遺跡試料の多鉱物試料における pIRIR 測定温度とドーズリカバリー比 (上) および蓄積線量 (下) との関係。pIRIR 測定温度が 290°C よりも低温の場合、ドーズリカバリー比が大きく 1 を下回る。蓄積線量も測定温度に大きく依存する。

ほどドーズリカバリー比と余剰線量の両方が高くなることに関係していると考えられる。

以上より、余剰線量の影響が比較的大きいものの、pIRIR₂₉₀のみを蓄積線量の決定に用いた。図7にC4トレンチの3試料、H4トレンチの2試料の結果を示す。これらのトレンチでは上位よりII、III、IV層が区分されるが、誤差を考慮すれば層序に矛盾のない結果が得られた。誤差を含めた年代幅は、 $68 \pm 4 \sim 87 \pm 6$ kaとなるが、ここでpIRIR₂₉₀には通常、数～数十Gyの余剰線量がつくこと（例えば、Buylaert *et al.*, 2013）、当サイトの平均的な年間線量（4 Gy/ka）を考慮すると、数千～1万年程度の過大評価となっている可能性が高いと考えられる。このことから当サイトの堆積年代は、おおよそ6～9万年前で、従来の放射性炭素年代に基づく時代観

（Glantz, 2006; Beeton *et al.*, 2014）よりもはるかに古いと考えられる。

3-3. Kuzulaus 2遺跡

Kuzulaus 2遺跡の石英試料は適切なドーズリカバリー比を示したため、石英OSL SAR法により蓄積線量を定量して2試料の年代を決定した（図8）。結果は上位の試料が 24 ± 1 ka、下位が 27 ± 1 kaと、層序には矛盾しない。試掘の後拡張したトレンチ（図8）では、これら2つの測定試料が採取された層準よりも下位で、31,000～33,000 cal BPの放射性炭素年代が得られ、今回得られたOSL年代と整合的である。同遺跡では、これらの放射性炭素年代が得られた層準やそれよりも下位のOSL年代を求め、同遺跡の年代軸を確立していくことが今後の課題である。

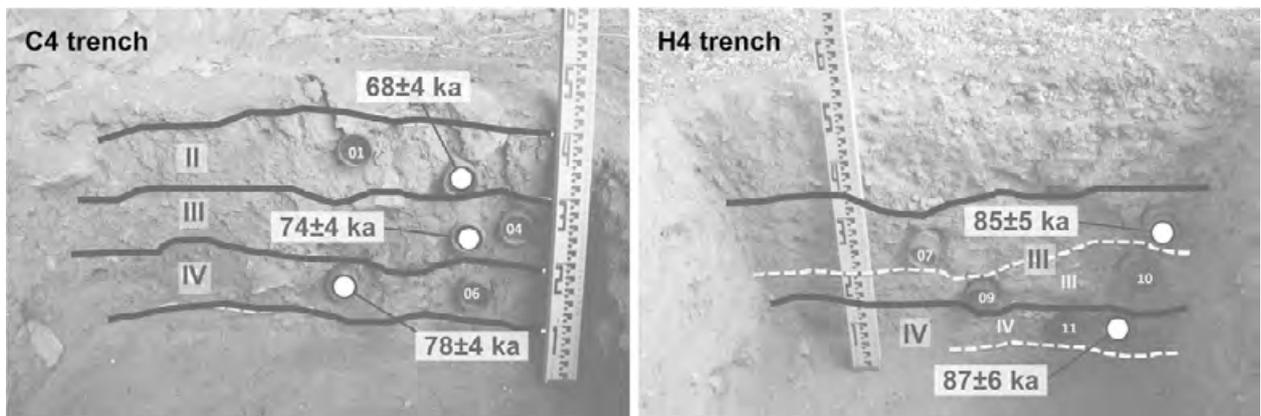


図7 Anghilak遺跡壁面（C4およびH4トレンチ）の測定試料採取場所とpIRIR₂₉₀年代



図8 Kuzulaus 2遺跡のトレンチ壁面の測定試料採取場所とOSL年代。測定を行った試料は左側の試掘箇所から採取し、その後右側にトレンチを拡張した。放射性炭素年代測定試料は右側の壁面から採取した。

4. おわりに

パレオアジアプロジェクトの開始から3年目となり、各地の遺跡でのOSLデータが集まったことから、中央～西アジアの遺跡におけるOSL特性などの地域多様性が明らかになった。またそれに応じた鉱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た。特に、Jebel QalkhaとAnghilakでは、テスト結果から測定条件を注意深く吟味した上で年代値を得ることの重要性が示された。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。

参考文献

- Adamic, G., Aitken, M. (1998) Dose-rate conversion factors: update. *Ancient TL* 16: 37-50.
- Auclair, M., Lamothe, M., 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.
- Beeton, T.A., Glantz, M.M., Trainer, A.K., Temirbekov, S.S., Reich, R.M. (2014) The fundamental hominin niche in late Pleistocene Central Asia: a preliminary refugium model. *J. Biogeogr.* 41: 95-110.
- 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.
- Buylaert, J.P., Murray, A.S., Gebhardt, A.C., Sohbati, R., Ohlendorf, C., Thiel, C., Wastegård, S., Zolitschka, B., The PASADO Science Team (2013) Luminescence dating of the PASADO core 5022-1D from Laguna Potrok Aike (Argentina) using IRSL signals from feldspar. *Quaternary Science Reviews* 71: 70-80.
- Fuchs M. C. 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.
- Glantz, M., Tostevin, G., Suleimanov, R., Ritzman, T., Adams, J., Derr, K. (2006) The chronological context of Middle Paleolithic deposits at Anghilak Cave, Uzbekistan. *Poster presented at the 71st Annual Meeting of the Society for American Archaeology*, San Juan, Puerto Rico.
- Huntley, D. J., Godfrey-Smith D. I. Haskell E. H. (1991) Light-induced emission spectra from some quartz and feldspars. *Nuclear Tracks and Radiation Measurements* 18: 127-131.
- Huntley, D. J., Baril, M. R. (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., 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.
- Kadowaki, S. (2017) Prehistoric Investigations in the Jebel Qalkha area, southern Jordan. Preliminary Report of the 2017 season at Tor Fawaz (J403), Tor Faraj (J430), Tor Hamar (J431), Tor Aeid (J432), Wadi Aghar (J433), 17 p.
- Kadowaki, S. (2018) Prehistoric Investigations in the Jebel Qalkha area, southern Jordan. Preliminary Report of the 2018 field season at Tor Fawaz (J403), Jebel Humeima (J412), Tor Faraj (J430), Tor Hamar (J431), Tor Aeid (J432), Wadi Aghar (J433), and a survey in the Jebel Qalkha area, 17 p.
- Kreutzer, S. Schmidt, C. Fuchs, M.C. Dietze, M. Fischer, M. Fuchs, M. (2012) Introducing an R package for luminescence dating analysis. *Ancient TL* 30: 1-8.

- 国武貞克 (2018) カザフスタンにおける後期旧石器文化の形成について. パレオアジア文化史学第5回研究大会講演要旨集, 58-62.
- Mejdahl, V. (1979) Thermoluminescence dating: beta-dose attenuation in quartz grains. *Archaeometry* 21: 61-72.
- Murray, A.S., Wintle, A.G. (2000) Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation Measurements* 32: 57-73.
- Nishiaki, Y. (2017) The Uzbekistan-Japan prehistoric expedition to Surkhandarya, south Uzbekistan. A progress report of the 2017 season, 27 p.
- Prescott, J. R., 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.
- Rees-Jones, J. (1995) Optical dating of young sediments using fine-grain quartz. *Ancient TL* 13: 9-14.
- Thomsen, K. J., Murray, A. S., Jain M., Bøtter-Jensen L. (2008) Laboratory fading rates of various luminescence signals from feldspar-rich sediment extracts, *Radiation measurements* 43: 1474-1486.
- Wintle, A. G., Murray A. S. (2006) A reviews of quartz optically stimulated luminescence characteristics and their relevance in single-aliquot regeneration dating protocols. *Radiation Measurements* 41: 369-391.

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）

近藤 康久 総合地球環境学研究所

三木 健裕 ベルリン自由大学古代近東考古学研究所

黒沼 太一 首都大学東京大学院人文科学研究科

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）。

今シーズンは、2018年12月30日から2019年1月2日までの4日間、ワディ・タヌーフ峡谷における遺跡調査を実施した（図1）。新たに峡谷内の段丘上に先イスラーム期の墓地を発見したほか、既報告の岩画の位置を確認した。ワディ・タヌーフ1号洞穴の試掘調査に多くの時間を費やした。

1. 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 ベルリン自由大学古代近東考古学研究所博士課程学生 A03研究協力者

黒沼太一 首都大学東京大学院人文科学研究科博士後期課程学生 A03研究協力者

2. ワディ・タヌーフ1号洞穴の試掘調査

ワディ・タヌーフ1号洞穴は、峡谷の河床から水平距離にして約600 m離れた崖面に開口している。河床からの比高は約200 mであり、洞穴に達するには崖錐斜面を登攀する必要がある。

昨シーズン（2017年度）の予備調査により、開口部の幅は約8 m、奥行きは約18 mであることが明らかになった。今シーズンは、トータルステーションを用いて洞穴内部の簡易な平面図と標高図を作成した（図2）。洞穴開口部から

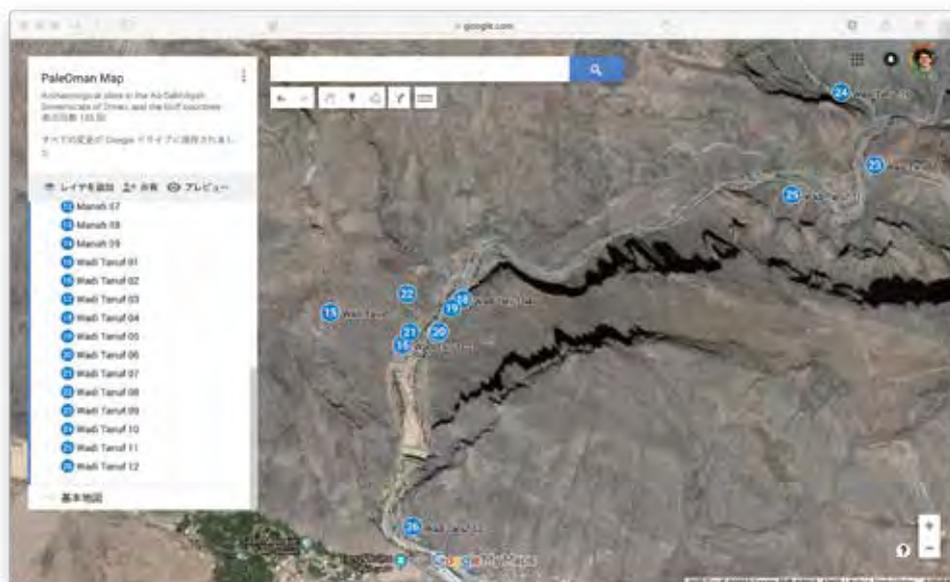


図1 ワディ・タヌーフの踏査地点。15番が1号洞穴、25番が先イスラーム期の墓地

奥部までは、水平距離約15 m、垂直距離約9 mであり、平均勾配30.1度の急傾斜である。洞穴内には風成の砂塵が堆積している。奥部に崩落とみられる岩石があり、それらが開口部へ転落した痕跡が認められる。これらの証拠を考え合わせると、堆積は奥部ほど厚い可能性が示唆される。もともと、奥部に水平開口部(チムニー)があり、上部から砂塵が洞穴内に入って堆積していたものが、ある時に崩落により閉ざされたという形成過程を想定できる。この崩落の起こった時期が、居住の時期と関係するであろうことは、想像に難くない。

また、今シーズンは、昨シーズンに開口部近くに設定したTest Pit 1 (TP1) の試掘調査を継続した(図3)。トレンチを2 m四方に拡張して掘り下げたところ、内部から灰層が検出された。トレンチからは、完新世中期の土器片が出土した。石器は今のところ見つからない。堆積は下に続いており、完新世初頭または更新世の文化層が見つかる可能性がある。

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1号洞穴の発掘調査と、ワディ・タヌーフ一帯における遺跡分布調査を継続する計画である。

3. 国際共同研究体制の構築

現地調査のニュースは、遺産文化省からプレスリリースされ、現地の人びとの知るところとなった。同省の地方事務所に複数の問い合わせがあり、その中からオマーンの鍾乳洞研究のエキスパートである地質学者ムハンマド・アル

キンディー博士の知遇を得た。今後、洞穴遺跡の年代測定や人類居住について、同氏を交えて国際共同研究を進める計画である。

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・アルタミーミ氏ならびに同事務所アリ・アルアダウィ氏、サイイド・アルジャディーディ氏、サーミ・アルハブシ氏、スルタン・アルナブハニ氏ほか職員各氏から支援を受けた。記して感謝申し上げる。

参考文献

- 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: アジア新人文文化形成プロセスの総合的研究』78
- 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
- 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

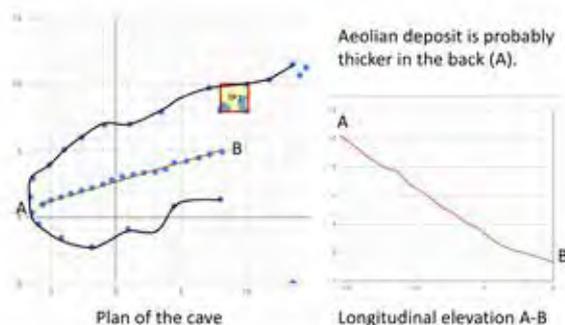


図2 ワディ・タヌーフ1号洞穴の平面図(左)と標高図(右)。いずれも座標軸の単位はメートル



図3 ワディ・タヌーフ1号洞穴の内部と発掘調査の様子

ホモ・サピエンスのアジアへの拡散モデルの構築(1) — 気候の類似性

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全域に分布したと考えられている (Willoughby, 2007; Petraglia et al., 2010; Stringer, 2011; Stringer, 2014)。人骨データだけでなく、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。

アフリカからのホモ・サピエンスの拡散をめぐる議論の重要な1つのテーマは、「拡散ルートが生態学的条件とどのように関連しているか」である (Boivin et al., 2013)。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、近隣地域における技術面 (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)。マラウイ湖 (Lake Malawi; 12°11'0"S, 34°22'0"E) からの古気候データは、サハラ以南のアフリカにおいて、「メガ干ばつ」が60 kaごろに発生し、それがアフリカでの初期現生人類の拡散に影響した可能性を示唆している (Mellars et al., 2013)。しかし、メガ干ばつはすでに85 kaごろには終焉したとの異なる説もあり (Lane et al., 2013)、環境条件が人口動態プロセスと直接的な関係があるとの結論には至っていない。サハラ・アラビア乾燥

地帯では、MIS5とMIS3の初期 (60-50 ka) に顕著に湿潤した証拠がみついている (Blome et al., 2012; Darke et al., 2011)。MIS3の初期の湿潤化は、アフリカからの新たな拡散、アラビア半島での移民の拡大をもたらした可能性が考えられる (Parton et al., 2015)。ホモ・サピエンスの脱アフリカはMIS5の湿潤期に限定する必要がなく、気候条件によっては他の時期にも拡散することが可能であったと考えられている。サハラ・アラビア乾燥地帯では、気候条件が類似の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の変化がホモ・サピエンスの拡散 (あるいは移住) に関与した可能性が考えられ、そのメカニズムの解明は今後の課題といえる。

本研究では、ホモ・サピエンスの拡散に生態学的条件がどのように関連しているかを検討する第一歩として、データマイニングの手法を用い、アジア各地の気候 (気温・降水量) の特性について検討した。気候の地域特性の類似性をもとに気候を分類した古典的な例は、ケッペンの気候区分 (KGC; Koeppen - Geiger classification) である。KGCは生態学や地理学などの分野で広く利用されているが、現代の分類学では恣意的といえ、最近導入が進んでいるデータ指向アプローチで得られる気候区分と異なった結果が得られる。本研究では、各地の気候の類似性を動的時間伸縮法 (DTW; Dynamic Time Warping法、例えば、Berndt and Clifford, 1994; Netzel and Stepinski, 2017) を用いたデータ指向のアプローチ (Pawel and Stepinski, 2017) で求め、気候の地域特性を定量的に扱えるデータセットを作成した。将来的に

は、本研究で得られた気候の地域特性データセットを用い、アフリカを起源とするホモ・サピエンスの拡散に関するコンピューター・シミュレーションの基盤データとして活用する予定である。

気候の類似度

本研究では、各地点の気候を12か月の時系列(月間時系列)として定義した。生態学的条件(あるいは、居住環境)に関連する気候変数として月平均気温(T)と月間降水量(P)を扱った。地点間の気候の類似性を求めるため、T及びPは[0, 1]の範囲に正規化した(例えば、Zhang and Yan, 2014)。正規化後のPの分布はゼロ近くで高い頻度をもつため、Tに比べてPの寄与が過小評価される傾向がある。そこで、Pに関しては、正規化後のデータに対して下記の方式で調整を行った(Netzel and Stepinski, 2017)。

$$P \leftarrow \begin{cases} \frac{P}{350} & \text{if } P \leq 350 \\ 1 & \text{if } P > 350 \end{cases}$$

Pが350 mm/month 以上(全球を対象とすると約1%の地点)はP = 1とし、残り99%の地点は正規化・調整後にPに依存して変化する。本研究では全球データを扱ったために、350 mm/monthを導入したが、対象とする地域によってこのパラメータは調整する必要がある。

各地点の気候(LC)は以下のように定義した。

$$LC = (V_1, V_2, \dots, V_{12})$$

$$V_i = (T_i, P_i), \quad i = 1, 2, 3, \dots, 12$$

各地点の気候(LC)の非類似性はDTWアルゴリズム(Toni Giorgino, 2009; Rabiner and Juand, 1993)を用い求めた。DTWでは、2つの時系列(LC)の距離を総当りで比較した上で、時系列同士の距離が最小となる場合(DTW距離)をもとに非類似度を推定する。単純な類似度尺度であるユークリッド距離に基づいた類似性の推定では2つの時系列の同一時におけるデータを対応つけるが(各時間を独立として扱い非類似性を求める)、DTWでは、一方の時系列のある時間におけるデータを、他方の時系列の複数の時間の値と対応させるため時系列の値の推移を考慮でき、各地点の気候の季節変化の位相の影響を減らすことが可能である。具体的には、下記の式を用い類似度を求めた。

$$LC(i, j) = \min \begin{cases} LC(i, j-1) + d(i, j) \\ LC(i-1, j-1) + 2 \times d(i, j) \\ LC(i-1, j) + d(i, j) \end{cases}$$

LC(i,j)は各地点のV₁からV₁₂までの部分時系列である。d(i,j)は2つの時系列の非類似度を示す。時系列(XとY)のDTWの算出方法を概念的に図1に示した。図2には、ペルーとフィリピンで

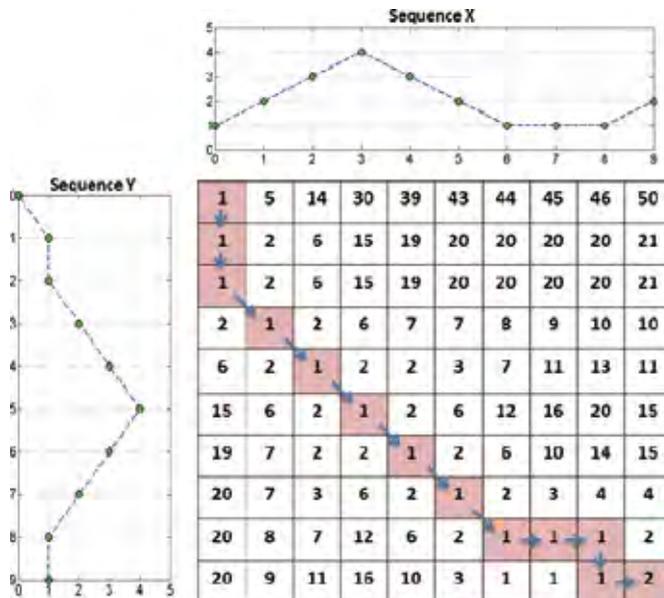


図1 DTWによる時系列間の値の対応と非類似度の算出。時系列XとY(Sequence XとSequence Y)の距離が最短となるパスは矢印で示している。ピンク色のマスの類似度を計算することで非類似度が求められる。

の気候(温度・降水量)のDTW距離について示した。北半球と南半球の両地点では気候の季節変化が逆位相になるが、DTW距離は小さく、2地点の気候が類似していることになる。

アジア各地の気候の相違性

WorldClimプロジェクト(Hijmans et al., 2005)で、世界各地の気象観測データをもとに

作成された気温と降水量の格子データ(緯度経度とも30秒の空間分解能をもつメッシュデータ)を使い、エルサレム(イスラエル)、マスカット(オマーン)、カラチ(パキスタン)の4地点の月平均気温と月間降水量データの非類似度を求めた結果を図3に示す。カラチとイスラエルの非類似度は0.0428であり、気候が他の3地域とより大きく異なることを示している。

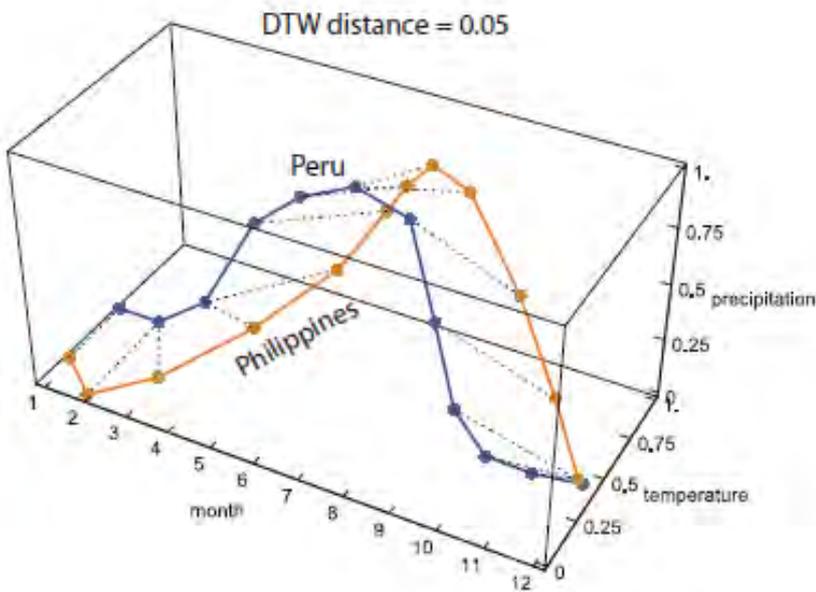


図2 2地点(ペルーとフィリピン)のDTW距離の計算。2地点の気候の変化パターンは類似しているが、季節変化のパターンが異なる。DTW距離(=0.05)は小さく、2地点の気候が類似していることになる。

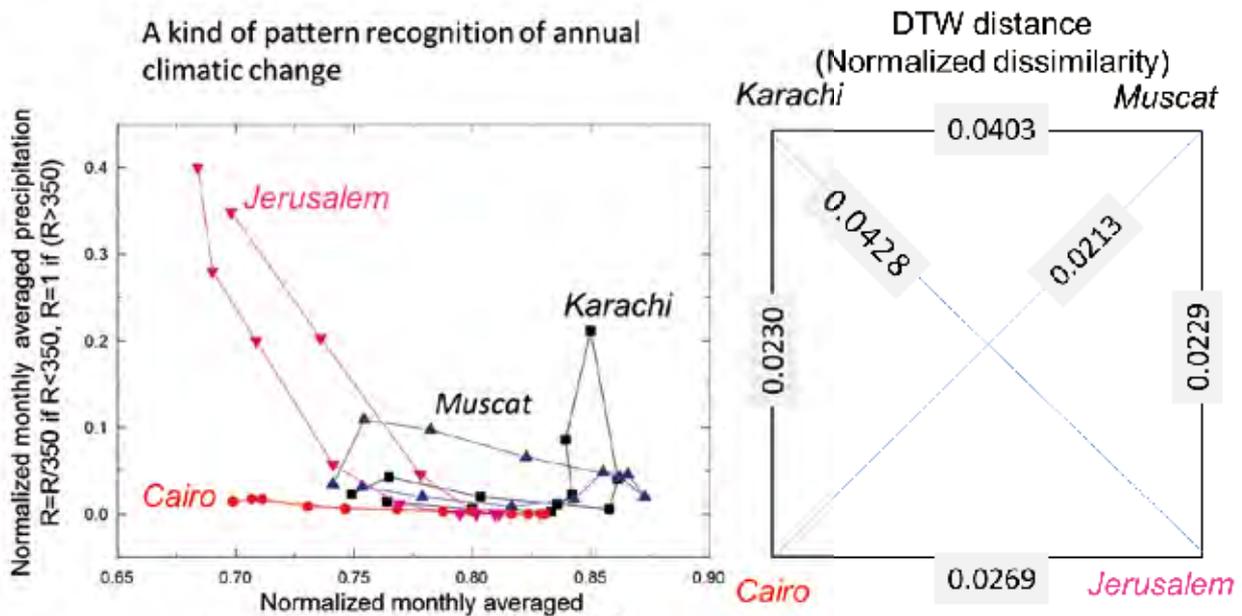


図3 エルサレム(イスラエル)、マスカット(オマーン)、カラチ(パキスタン)、カイロ(エジプト)の4地点の月平均気温と月間降水量のプロット(左)、DTW距離から求められた各地点の気候の相違性(右)。右図の値は気候の正規化されたDTW距離(normalized dissimilarity distance)を示す。DTW値が大きいかほど気候特性が異なる。

図4には、東アフリカ(南緯20度、東経30度)の地点を基点として、アジア各地の非類似度を示す。類似した気候の地域は同系色で示されている。非類似度を地図上に図示することで、アジア地域の気候の地域特性を容易に視覚的に知ることが可能である。例えば、インド亜大陸の西側では気候の特性が大きく異なっていることが読み取れる。

気候の相違性と ホモ・サピエンスのアジアへの拡散

気候が類似した地域へのホモ・サピエンスの

拡散は、新たな生態学的条件への適応が必要とされない。新たな環境への適応するための生活様式の変更あるいは新たな文化(技術)の獲得必要性がなく、容易に拡散することが可能である。一方、気候特性が異なる地域への移住には、新たな生態学的条件(あるいは居住環境)への適応が要求される。時には、ホモ・サピエンスの拡散を抑制する要因となり得る。

図5には、東アフリカ(地点P1)から北東にホモ・サピエンスが拡散する経路としてエリトリア、ジブチ(P2)に到着する経路とP1から北上してカイロ(P3)に到着する経路上の非類似度

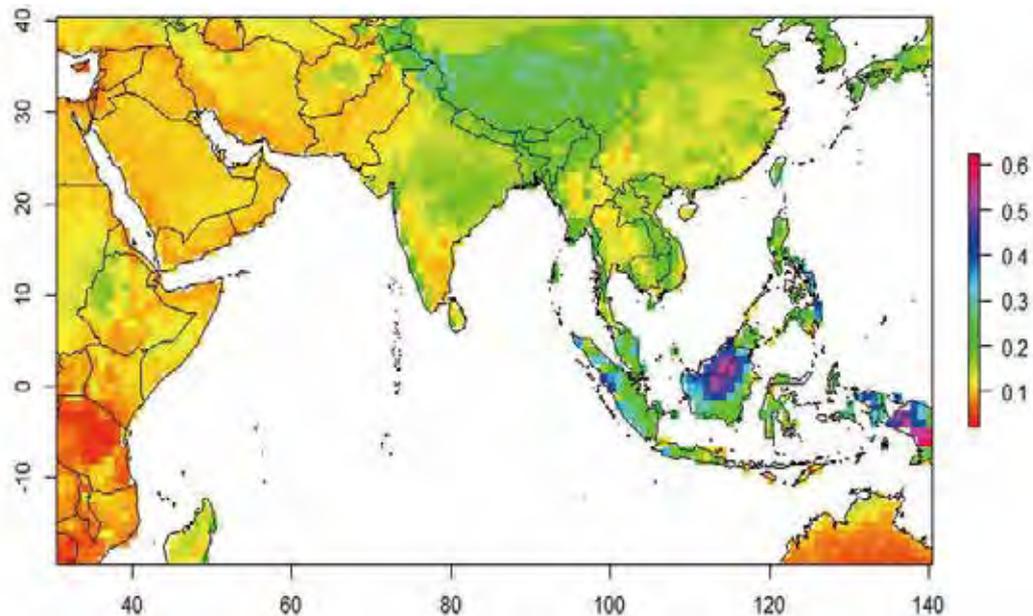


図4 東アフリカ(南緯20度、東経30度)の地点と各地の気候の相違度(climatic dissimilarity)

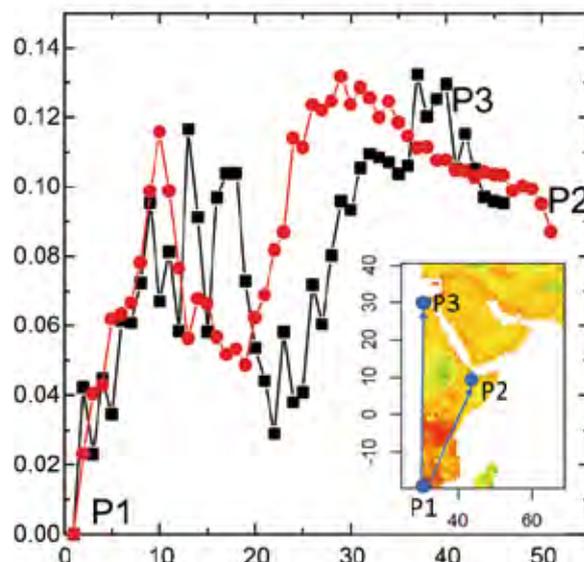


図5 アフリカ東部のP1からP2(赤)、P1からP3(黒)経路での移住と気候

の変化を示した。非類似度が急激に変化する地域では、ホモ・サピエンスが拡散するためには新たな生態学状況あるいは居住環境への適応が必要となる。両経路とも2地域において、東アフリカのP1地点と著しく居住環境が急激に変化している。これらの地域へ初期原生人類が進出するためには、

- 気候変動によりこれらの地域での居住環境が著しく変化し移住が可能となった、
 - 文化的進化(新たな技術の導入など)が引き起こされ新たな居住環境への適応が可能となった、
- ことが考えられる。

アジア各地の気候の非類似度の図示(図4)には、各地に非類似度が変化する地域が確認される。これらの地域は、時には、初期現生人類の拡散の障壁になった可能性がある。

おわりに

本研究では、現代的なデータ志向の分類法を導入し、東アフリカを起源とするホモ・サピエンスの拡散を考えるベースとなる気候特性を定量化した。今後、このデータと考古データ等を組み合わせ、ホモ・サピエンスのアジアへの拡散の実態を探る予定である。また、考古データ等と比較することで、気候が異なる地域でのホモ・サピエンスの環境適応能力の獲得について検討を行う予定である。

引用文献

Berndt, D. J., Clifford, J. (1994) Using dynamic time warping to find patterns in time series. *KDD Workshop 10(16)*: 359-370.

Blome, M. A., Cohen, A. S., Tryon, C. A., 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.

Boivin N, Fuller, D.Q., Dennell R, et al. (2013) Human dispersal across diverse environments of Asia during the Upper Pleistocene. *Quat Int* 300: 32-47.

Berndt, D. J., Clifford, J. (1994) Using dynamic time

warping to find patterns in time series. *KDD Workshop 10(16)*: 359-370.

Drake, N. A., Blench, M. A., Armitage, S. J., 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, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P., Jarvis, A. (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25 (15): 1965-1978

Lane, C. S., Chorn, B. T., Johnson, T. C. (2013). Ash from Toba super-eruption in Lake Malawi shows no volcanic winter in East Africa at 75 ka. *Proc Natl Acad Sci, USA* 110: 8025-8029.

Mellars, P., Gori, K. C., Carr, M. et al. (2013) Genetic and archaeological perspectives on the initial modern human colonization of southern Asia. *Proc Natl Acad Sci, USA* 110: 10699-10704.

Netzel, P., Stepinski, T. F. (2017) World Climate Search and Classification Using a Dynamic Time Warping Similarity Function. In: Griffith D., Chun Y., Dean D. (eds) *Advances in Geocomputation. Advances in Geographic Information Science.* Springer, Cham.

Parton, A., White, T.S., Parker, A.G. et al. (2015) Orbital-scale climate variability in Arabia as a potential motor for human dispersals. *Quat Int.* 392: 82-97.

Petraglia, M. D., Haslam, M., Fuller, D. Q. 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.

Rabiner, L., Juand, B. (1993) *Fundamentals of speech recognition.* Printice-Hall International Inc.

Scerri, E. M. L., Drake, N. A., 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.

- Giorgino, T. (2009) Computing and Visualizing Dynamic Time Warping Alignments in R: The dtw Package. *Journal of Statistical Software*, 31(7): 1-24.
- Willoughby, P. R. (2007) The evolution of modern humans in Africa; a comprehensive guide. New York: Altamira.
- Zhang, X., Yan, X. (2014) Spatiotemporal change in geographical distribution of global climate types in the context of climate warming. *Climate Dynamics* 43(3/4): 595-605.

2018年度 研究成果

【著書・論文・雑誌】

- Beuzen-Walle, T. Stock, F., Kondo, Y., edit (2018) Special Issue Geoarchaeology: A toolbox for revealing latent data in sedimentological and archaeological records. *Quaternary International* 483.
- Beuzen-Waller, T., Stock, F., Kondo, Y. (2018) Geoarchaeology: A toolbox for revealing latent data in sedimentological and archaeological records. *Quaternary International* 483: 1-4.
- Kondo, Y., Noguchi, A., Miki, T., Beuzen-Waller, T., Desruelles S., Fouache, E. (2018) Archaeological sites in the Wadi Al Kabir basin, Wilāyāt Ibri, Adh Dhahirah Governorate. *The Journal of Oman Studies* 19: 101-127.
- Noguchi, M., Fujiki, T., Okuno, M., Gualtieri, L., Hatfield V., Sarata, B., Torii, M., Wada, K., Nakamura, T., West, D. (2018) Vegetation changes around Haven Lake, Adak Island, central Aleutians, Alaska, determined from pollen analysis. *Radiocarbon* 60: 1482-1492.
- Fujiki, T., Wada, K., Sato, E., Okuno, M. (2018) Vegetation history and the impact of tephra deposition during 7000 years based on pollen and tephra analysis of a Barasantou Bog sediment core, eastern Hokkaido, northern Japan. *Quaternary International* 503: 24-31.
- Tamura T., Cunningham A. C. Oliver T. S. (2019) Two-dimensional chronostratigraphic modelling of OSL ages from recent beach-ridge deposits, SE Australia. *Quaternary Geochronology* 49: 39-44.
- Gao L., Long H., Zhang P., Tamura T. (2019) The sedimentary evolution of Yangtze River delta since MIS3: a new chronology evidence revealed by OSL dating. *Quaternary Geochronology* 49: 153-158.
- Oliver, T. S. N., Tamura, T., Short, A. D., Woodroffe, C. D. (2019) Rapid shoreline progradation followed by vertical foredune building at Pedro Beach, southeastern Australia. *Earth Surface Processes and Landforms* 44: 655-666.
- Tamura T., Nicholas W. A., Oliver T. S., Brooke B. P. (2018) Coarse-sand beach ridges at Cowley Beach, north-eastern Australia: Their formative processes and potential as records of tropical cyclone history. *Sedimentology* 65: 721-744.
- Tõnisson, H., Suursaar, Ü., Kont, A., Muru, M., Ravis, R., Rosentau, A., Tamura, T., Vilumaa, K. (2018) Rhythmic Patterns of Coastal Formations as Signs of Past Climate Fluctuations on Uplifting Coasts of Estonia, the Baltic Sea. *Journal of Coastal Research* 85: 611-615.
- Oliver T. S., Kennedy D. M., Tamura T., Murray-Wallace C. V., Konlechner T. M., Augustinus P. C., Woodroffe C. D. (2018) Interglacial-glacial climatic signatures preserved in a regressive coastal barrier, southeastern Australia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 501: 124-135.
- Gugliotta, M., Saito, Y., Nguyen, V. L. Ta, T. K. O., Tamura, T., Fukuda, S. (2018) Tide- and river-generated mud pebbles from the fluvial to marine transition zone of the Mekong River delta, Vietnam. *Journal of Sedimentary Research* 88: 981-99.
- Tamura, T., Nicholas, W. A., Oliver, T. S., Brooke, B. P. (2019) Reply to the Discussion of John Nott on 'Coarse-sand beach ridges at Cowley Beach, north-eastern Australia: Their formative processes and potential as records of tropical cyclone history' by Tamura et al. (2018), *Sedimentology* 65: 721-744. *Sedimentology* 66: 769-773.
- Gugliotta, M., Saito, Y., Nguyen, V.L. Ta T.K.O., Tamura, T. (2018) Sediment distribution and depositional processes along the fluvial to marine

- transition zone of the Mekong River delta, Vietnam. *Sedimentology* 66: 146-164.
- 田村亨 (2018) 古環境記録としての日本列島の波浪卓越型海岸. 第四紀研究 57: 197-210.
- 勝田長貴「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 (印刷中)
- Katsuta, N., Takano, M., Sano, N., Tani, Y., Ochiai, S., Naito, S., Murakami, T., Niwa, M., Kawakami, S.-I. (in press) 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*. DOI: 10.1111/SED.12603
- Carranza, E. J., de Souza, Filho, C., Haddad-Martim, P. M., Katsuta, N., Shimizu, I. (2019) Macro-scale ore-controlling faults revealed by micro-geochemical anomalies. *Scientific Report* 9: 4410. DOI: 10.1038/s41598-019-41019-1.
- Katsuta, N., Miyata, Y., Murakami, T., Mino, Y., Naito, S., Yasuda, K., Ochiai, S., Abe, O., Yasuda, A., Morimoto, M., Kawakami, S.-I., Nagao, S. (2019) Interannual changes in radiocesium concentrations in annually laminated tufa following the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Applied Geochemistry* 102: 34-43.
- Yoshida, H., Asahara, Y., Yamamoto, K., Katsuta, N., Minami, M., Metcalfe, R. (2019) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ age determination by rapidly formed spherical carbonate concretions. *Scientific Reports* 9, 1003. DOI:10.1038/s41598-019-38593-9
- Yoshida, H., Hasegawa, H., Katsuta, N., Maruyama, I., Sirono, S., Minami, M., Asahara, Y., Nishimoto, S., Yamaguchi, Y., Ichinnorov, N., Metcalfe, R. (2018) Fe-oxide concretions formed by interacting carbonate and acidic waters on Earth and Mars. *Science Advances* 4, eaau0872. DOI: 10.1126/sciadv.aau0872
- Katsuta, N., Ikeda, H., Shibata, K., Saito-Kokubu, Y., Murakami, T., Tani, Y., Takano, M., Nakamura, T., Tanaka, A., Naito, S., Ochiai, S., Shichi, K., Kawakami, S.-I., Kawai, T. (2018) Hydrological and climate changes in southeast Siberia over the last 33 kyr. *Global and Planetary Change*, 164: 11-26. DOI:10.1016/j.gloplacha.2018.02.012
- Yoshida, H., Yamamoto, K., Minami, M., Katsuta, N., Sirono, S.-T., Metcalfe, R. (2018) Generalized conditions of spherical carbonate concretion formation around decaying organic matter in early diagenesis. *Scientific Report* 8: 6308. DOI:10.1038/s41598-018-24205-5
- 【学会発表・講演】**
- Kitagawa, H. (2018) Climatic-induced migration of early modern human across Asia. International Workshop on the Cultural History of PaleoAsia, Research Institute for Humanity and Nature Kyoto (Japan), December 15-18.
- 北川浩之 (2018) 「初期現生人類の定住及び移住における干ばつの影響」パレオアジア文化史学 第5回研究大会, 名古屋大学, 2018年5月12-13日 (予稿集12頁). Kitagawa, H., Quantifying the impacts of drought on settlement and migration of early modern human, The 5th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University, Nagoya, May 17-18, 2018 (Proceedings, p. 12).
- 野口淳・三木健裕・北川浩之・M. マデラ・C.ランセロッティ・G.M.ヴィーサル・T.アブロ (2018) 「インダス河谷の人類—環境史：後期更新世～完新世の地形発達史・環境変遷史とセトルメントパターンの長期的動態」金沢歌劇座 (金沢) 2018年6月16-17日.
- 野口 淳・北川浩之・三木健裕・Carla Lancelotti・Ghulam M. Veesar・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, 名古屋大学, 2018年5月12-13日 (予稿集28-29頁). Noguchi, A., Kitagawa, H., Miki, T., Lancelotti, C., Veesar, G. M., Abro, T., Madella, M. (2018) JaSPAR2018-01: general survey of archaeology and palaeoenvironment in the northern Indus Plain, Sindh, Pakistan The 5th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University, Nagoya, May 17-18, 2018 (Proceedings, p. 28-29).
- 野口 淳・北川浩之・Ajmal Shah・Mumtaz A. Yatoo (2018) 「インド・カシミール地方の先史考古学・古

- 環境予備調査：現生人類拡散南廻りルートにおける山麓経路の可能性」パレオアジア文化史学第6回研究大会』東京大学小柴ホール2018年11月17-18日(予稿集pp. 65-67) Noguchi, A., Kitagawa, H., Shah, A. Yattoo, M. A. (2018) A preliminary survey for prehistoric archaeology and palaeoenvironmental research in the Kashmir Basin region, Jammu Kashmir, India: potential of sub-Himalayan route in the southern dispersal of Homo sapiens. The 6th Conference on Cultural History of PaleoAsia, The University of Tokyo, Tokyo, November 17-18, 2018 (Proceedings, p. 65-67).
- Naito, Y., Yamane, M., Kitagawa, H. (2018) A pre-screening protocol for radiocarbon dating of ancient bone collagen using FTIR, 23th International Radiocarbon Conference, Trondheim (Norway), June 17-22, 2018.
- Yamane, M., Naito, Y., Kitagawa, H. (2018) A promised method of diatom frustule separation from sediments for radiocarbon dating, 23th International Radiocarbon Conference, Trondheim (Norway), June 17-22, 2018.
- Kitagawa, H. (2018) Updating radiocarbon chronology of the Dead sea cores. Workshop of Dead sea borehole-Archive of the Late Quaternary Environmental History (climate and Seismicity of the Levant, Hebrew University of Jerusalem (Israel), November 25-28, 2018 (Invited)
- Madella, M., Lancelotti, C., Noguchi, A., Veasar, G., Kitagawa, H., Tasleem Takehiro Miki, T., Chandio, A., (2018) The JASPAR Initiative. 24th European Association for South Asia Archaeology and Art, University L'Orientale, Naples, 2-6 July 2018.
- 長谷川精・門脇誠二・田村 亨・奈良郁子 (2018) 「南ヨルダンの中部・上部・終末期旧石器時代遺跡堆積物からの古環境復元の試みと西アジアの古気候記録との比較」パレオアジア文化史学 第5回研究大会, 名古屋大学, 2018年5月12-13日(予稿集39-41頁) Hasegawa, H., Kadowaki, S., Tamura T.(A03), Nara, F.W. (2018) Paleoenvironmental reconstruction of Early Epipaleolithic and Middle-Upper Palaeolithic sites in southern Jordan, and comparison with paleoclimatic records in West Asia. The 5th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University, Nagoya, May 12-13, 2018 (Proceedings, p. 39-41).
- 長谷川精・野間七瀬・村山雅史・岩井雅夫・勝田長貴(2018)「モンゴル南部オログ湖の堆積物から復元された新人定着期の古環境変動」パレオアジア文化史学第6回研究大会 東京大学小柴ホール.2018年11月17-18日(予稿集pp. 26-27) Hasegawa, H. Noma, N., Murayama M., Masao Iwai M., Katsuta, N. (2018) Quantitative reconstruction for paleoenvironmental changes in Mongolia during the Homo sapiens's migration: new evidences from Orog Lake, southern Mongolia. The 6th Conference on Cultural History of PaleoAsia, The University of Tokyo, Tokyo, November 17-18, 2018 (Proceedings, p. 26-27).
- 長谷川精・安藤寿男・勝田長貴・村木綏・Ichinnorov N.・村山雅史・山本鋼志・太田亨・長谷川卓・山本正伸・長谷部徳子・Heimhofer U.・池田昌之・西本昌司・山口浩一・阿部文雄・多田隆治 (2018) 「モンゴルの年縞湖成層から読み解く白亜紀中期“超温室期”の十年～千年周期の気候変動と太陽活動の気候影響」『日本地球惑星科学連合2018年大会』幕張メッセ、2018年5月23日. Hasegawa H., Ando H., Katsuta N., Muraki Y., Ichinnorov N., Murayama M., Yamamoto K., Ohta T., Hasegawa T., Yamamoto M., Hasebe N., Heimhofer U., Ikeda M., Nishimoto S., Yamaguchi K., Abe F., Tada R. (2018) Solar influence of decadal- to millennial-scale climate variability in the mid-Cretaceous Supergreenhouse: Insights from a Mongolian lacustrine record, JpGU2018, Makuhari, May 23, 2018.
- 長島佳菜・西戸弘嗣・鹿山雅裕・大郷周平・東久美子・藤木徹一・長谷川精 (2018) 「石英個別粒子のカソードルミネッセンス分析を用いたアジアダスト識別と供給源推定：氷床コアおよび海洋・セジメントトラップ試料への応用」日本地球惑星科学連合2018年大会 幕張メッセ、2018年5月23日
- 長谷川精 (2018) 「湖成年縞から読み解く白亜紀無氷床時代の気候安定性」日本第四紀学会, 首都大学東京, 2018年8月26日 招待講演

- 長谷川精・野間七瀬・村山雅史・岩井雅夫・池原実・勝田長貴・Ichinorov, N. (2018)「モンゴルの湖底堆積物コアから探る完新世と最終氷期, 白亜紀の地球環境」高知コアセンター15周年記念シンポジウム, オータピア, 2018年11月30日
- Hasegawa, H., Noma, N., Murayama, M., Iwai, M., Katsuta, N. (2018) Quantitative reconstruction for paleoenvironmental changes in southern Mongolia during the Homo sapiens's migration: New evidence from Orog Lake, sediment core, The International Workshop, Cultural History of PaleoAsia Rsearch, Institute for Humanity and Nature, Dec 16-18, 2018.
- 藤木利之・長谷川精・勝田長貴 (2018)「モンゴル北部の環境変遷史-サンギンダライ湖の湖底堆積物の解説」. パレオアジア文化史学 第5回研究大会, 名古屋大学, 2018年5月12-13日 (予稿集82頁)
- Fujiki, T., Hasegawa, H., Katsuta, N. (2018) The environmental history of northern Mongolia inferred from the sediment records of Lake Sangiin Dalai. The 5th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University, Nagoya, May 17-18, 2018 (Proceedings, p. 82).
- 藤木利之・奥野 充・河合 溪・森脇 広 (2018)「東ポリネシアにおける人類到達時期とその後の植生変化: 現状と今後の展望」『国際火山噴火情報研究集会2018-1』ふじのくに地球環境史ミュージアム, 2018年7月21-22日.
- 藤木利之・星野卓二 (2018)「シラガブドウの雄花と雌花の花粉形態」日本花粉学会第59回大会 アスト津, 2018年9月21-23日.
- 酒井恵祐・藤木利之・山田和芳・瀬戸浩二・香月興太 (2018)「北海道東部藻琴湖湖底堆積物の花粉分析による1930年以降の人間活動による植生変化」日本花粉学会第59回大会 アスト津, 2018年9月21-23日.
- 藤木利之・長谷川精・勝田長貴 (2018)「モンゴル北部の環境変遷史2-テルメン湖とブーンツァーガン湖の湖底堆積物の解説」パレオアジア文化史学 第6回研究大会, 東京大学, 2018年11月17-18日 (予稿集80頁). Fujiki, T., Hasegawa, H., Katsuta, N. (2018) The environmental history of northern Mongolia inferred from the sediment records of Lake Telmen and Lake Boon Tsagaan. The 6th Conference on Cultural History of PaleoAsia, The University of Tokyo, Tokyo, November 17-18, 2018 (Proceedings, p. 81).
- 酒井恵祐・藤木利之・瀬戸浩二・香月興太・山田和芳 (2018)「北海道東部藻琴湖湖底堆積物の花粉分析による1930年以降の人間活動による植生変化」国際火山噴火史情報研究集会2018-2 福岡大学, 2018年12月9日.
- 野口 真・藤木利之・奥野 充・Lyn Gualtieri・Virginia Hatfield・鳥井真之・和田恵治・中村俊夫・Dixie West (2018)「アリューシャン列島, アダック島およびウナラスカ島の花粉分析による植生変遷と木炭分析による人間活動」『国際火山噴火史情報研究集会2018-2 福岡大学, 2018年12月9日.
- Fujiki, T., Kitagawa, H. (2018) Pollen analysis of last glacial period submerged forest on the Dekishima coast, Aomori Prefecture, northern Japan. PaleoAsia 2018 The international workshop, Research Institute for Humanity and Nature, Kyoto, December 15-18, 2018 (Proceedings, p.79-80).
- Fujiki, T., Kitagawa, H., Okuno, M. (2019) Vegetation history of the last 50,000 years reconstructed from the last glacial deposit of the Dejikima coast, Aomori Prefecture, northern Japan. The future of the earth: Insights from island civilizations. Shizuoka convention and arts center 'GRANSHIP', Shizuoka, March 16-17, 2019 (Proceedings, p49-50).
- Kubo, T., Tanimura, N., Fujiki, T., Yamada, K. (2019) Relationship between Cupressaceae pollen dispersion and the average maximum temperature of the previous July in Okayama, Japan. The future of the earth: Insights from island civilizations. Shizuoka convention and arts center 'GRANSHIP', Shizuoka, March 16-17, 2019 (Proceedings, p51).
- Sakai, K., Fujiki, T., Yamada, K., Seto, K., Katsuki, K. (2019) Vegetation history caused by human activity since 1930 based on pollen analysis of a Lake Mokoto sediment core, eastern Hokkaido, northern Japan. The future of the earth: Insights from island civilizations. Shizuoka convention and arts center 'GRANSHIP', Shizuoka, March 16-17, 2019 (Proceedings, p54-55).

- Udaanjargal, U., Hasebe, N., Davaasuren, D., Fukushima, K., Tanaka, Y., Katsuta, N., Sambo, M., Baasansuren, G. (2018) Characteristics of lake sediment from Olgoy, Orog and Boontsuagaan in Mongolia and comparison to meteorological data. 日本地球惑星科学連合2018年大会 幕張メッセ国際会議場, 2018年5月20-24日
- 安田晃治・勝田長貴・森本真紀・阿部理・内藤さゆり・川上紳一 (2018) 「トゥファ年輪の酸素・炭素同位体高分解能分析と形成年代の検討」日本地球惑星科学連合2018年大会. 幕張メッセ国際会議場, 2018年5月20-24日
- 高倉 純・近藤康久・北川浩之 (2018) 「古環境から見たシベリア北極圏への人類の拡散」パレオアジア文化史学 第5回研究大会, 名古屋大学, 2018年5月12-13日 (予稿集39-41頁) (予稿集24頁. Takakura, J., Yasuhisa Kondo, Y., Hiroyuki Kitagawa, H. (2018) The dispersals of modern humans into the Siberian Arctic in light of the paleoenvironmental reconstruction. The 5th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University, Nagoya, May 17-18, 2018 (Proceedings, p. 24).
- Tamura, T., Kadowaki, S. (2018) Optically-stimulated luminescence (OSL) dating of Paleolithic sediments in Jebel Qalkha, southern Jordan. The international workshop, Research Institute for Humanity and Nature, Kyoto, December 15-18, 2018 (Proceedings, p.84).
- 近藤康久・野口 淳・三木健裕・黒沼太一・北川浩之 (2018) 「オマーンにおける先史遺跡調査: ワディ・タヌーフ1号洞穴の発見」パレオアジア文化史学第5回研究大会. 名古屋大学, 2018年5月12-13日 (予稿集83頁) Kondo Y., Noguchi A., Miki, T., Kuronuma T. (A03), Kitagawa, H. Archaeological survey of prehistoric sites in Oman: The discovery of Wadi Tanuf Cave 1. The 5th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University, Nagoya, May 17-18, 2018 (Proceedings, p. 83).
- 大西秀之・近藤康久・岩本葉子 (2018) 「文化としての人間行動という視座」パレオアジア文化史学の語彙分析を事例として」パレオアジア文化史学第5回研究大会. 名古屋大学, 2018年5月12-13日 (予稿集92頁) . Onishi, H., Kondo, Y., Iwamoto, Y. (2018) Perspectives of human behavior as culture: A case study on lexical analysis of Cultural History of PaleoAsia. The 5th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University, Nagoya, May 17-18, 2018 (Proceedings, p. 92).
- 塚本すみ子・片岡香子・近藤康久・三木健裕・黒沼太一・早川裕式・小口 高 (2018) 「ルミネッセンス年代測定によるアラビア半島南東部の水環境変遷の復元」日本地球惑星科学連合2018年大会. 幕張メッセ国際会議場 (千葉市) <https://confit.atlas.jp/guide/event/jpgu2018/subject/HQR04-08/entries>
- Kondo, Y., Wang, G., Ikeuchi, U., Kano, K., Kumazawa, T., Nakashima, K., Onishi, H., Osawa, T., Sekino, T. (2018) Information asymmetry reduction in open team science: call for international collaborators. SESYNC 2018 Boundary Spanning Symposium, Loews Annapolis Hotel, Annapolis, Jun 11-13, 2018. <http://symposium.sesync.org>
- 近藤康久 (2018) 「バート遺跡群にみるマガン社会の諸相」西アジア考古学会第23回総会・大会特別セッション「アラビア半島の考古学」金沢歌劇座 (金沢市) 2018年6月16日.
- Kondo, Y. (2018) Data-driven approach to identify early modern humans' ecological niche and optimal dispersal routes in Eurasia. Landscape Archaeology Conference 2018, Durham University, UK September 19, 2018.
- 近藤康久 (2018) 「チームサイエンスにおける知識融合ツールとしてのGISの役割」地理情報システム学会2018年大会企画セッション「オープン×シチズンサイエンスによる市民協働と次のステップに向けて」首都大学東京南大沢キャンパス (東京都八王子市)
- 近藤康久・野口 淳・田村光平・中村光宏・北川浩之 (2018) 「PaleoAsia DB ハッカソン」パレオアジア文化史学第6回研究大会, 東京大学小柴ホール (東京都文京区) (予稿集pp. 8-9) . Kondo, Y., Noguchi A., Kohei Tamura K., Mitsuhiro Nakamura, M., Kitagawa, H. (2018) PaleoAsia DB Hackathon. The 6th Conference on Cultural History of PaleoAsia, The University of Tokyo, Tokyo, November 17-18, 2018 (Proceedings, p. 8-9).

- 近藤康久・岩本葉子 (2018) 「パレオアジア文化史学プロジェクトにおける分野関連携の進展：ネットワークグラフによる可視化」パレオアジア文化史学第6回研究大会, 東京大学小柴ホール (東京都文京区) (予稿集pp. 78-79) Kondo Y., Iwamoto Y. (2018) Visualization of the interdisciplinary collaboration network of the PaleoAsia Project. The 6th Conference on Cultural History of PaleoAsia, The University of Tokyo, Tokyo, November 17-18, 2018 (Proceedings, p. 78-79).
- 近藤康久 (2018) 「研究データ利活用における科学と社会の将来像～マルチステークホルダー・ワークショップから見えてきたこと～」日本学術会議公開シンポジウム「科学データの保存・利用態勢の強化と国際展開」, 日本学術会議 (東京都港区) (招待講演) 2018年11月19日
- Kondo, Y., Onishi, H., Iwamoto, Y. (2018) Lexical analysis of the concept of culture in the PaleoAsia project. PaleoAsia International Workshop 2018, Research Institute for Humanity and Nature, Kyoto, Japan (Proceedings pp. 87-88) December 15-18, 2018.
- Kondo, Y., Iwamoto, Y. (2018) Network analysis of the interdisciplinary co-authorship of the PaleoAsia project. PaleoAsia International Workshop 2018, Research Institute for Humanity and Nature, Kyoto, Japan (Proceedings pp. 89-90) December 15-18, 2018.
- 奈良郁子・門脇誠二 (2018) 「南ヨルダン旧石器時代遺跡堆積物を用いた鉱物学的アプローチからの古環境復元」パレオアジア文化史学第5回研究大会, 名古屋大学 2018年5月17-18日 (予稿集85-86頁)
- Nara, F. W., Kadowaki S. (2018) Reconstruction of paleoclimate at the Paleolithic site in the southern Jordan by mineralogical approach. The 5th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University, Nagoya, May 17-18, 2018 (Proceedings, p. 85-86).
- 奈良郁子・長谷川精・田村 亨・門脇誠二 (2018) 「南ヨルダン遺跡堆積物を用いた旧石器時代古気候復元」パレオアジア文化史学第6回研究大会 2018年11月17-18日, 東京大学小柴ホール (予稿集pp. 76-77) Nara F. W., Hasegawa, H., Tamura, T., Kadowaki, S. (2018) Paleoenvironmental reconstruction using geochemical approaches recorded in the sediment from Paleolithic sites in southern Jordan. The 6th Conference on Cultural History of PaleoAsia, The University of Tokyo, Tokyo, November 17-18, 2018 (Proceedings, p. 76-77).
- Nara F. W. (2018) Past hydrological changes in south Siberian region for the last glacial to the Holocene based on radiocarbon dating. PaleoAsia International Workshop 2018, Research Institute for Humanity and Nature, Kyoto, Japan (Proceedings pp. 85-86) December 15-18, 2018.
- 勝田長貴・落合伸也・志知幸治・村上拓馬・谷 幸則 (2018) 「ユーラシア南東部内陸の水文環境の地域性とその変動史」日本地球惑星科学連合2018年大会 幕張メッセ国際会議場, 2018年5月20-24日. 招待講演
- Katsuta, N., Ohno, Y., Naito, S. (2018) Chemical and mineralogical analyses for lacustrine sedimentary sequences of Darhad basin (northern Mongolia) *The International Workshop, Cultural History of PaleoAsia, Research Institute for Humanity and Nature, Kyoto, December 16-18, 2018*(proceedings, p. 82).
- 五十嵐雄大・Udaanjargal, Udaanjargal・長谷部徳子・長谷川精・Niiden, Ichinnorov・勝田長貴・DavaadorjDavaasuren (2018) 「モンゴルオルゴイ湖掘削試料の蓄積線量測定」ルミネッセンス年代測定研究会, JEC日本研修センター神戸元町 (兵庫県, 神戸市), 2018年11月28-30日.
- 勝田長貴・落合伸也・志知幸治・村上拓馬・谷幸則 (2018) 「湖沼堆積物に見られるシベリア永久凍土融解の記録-モンゴル北西部水文環境の地域性」雪氷研究大会, 2018年10月9日.
- 勝田長貴 (2018) 「非破壊XRF測定による含水堆積物コア定量法の確立：高時間分解能記録復元に向けて」『パレオアジア文化史学第5回研究大会』名古屋大学 (愛知県, 名古屋市), 2018年5月12-13日 (予稿集89頁). Katsuta, N. (2018) Quantitative X-ray fluorescence microspectroscopy of wet sediments for determining water content and element concentrations *The 4th Conference on Cultural History of PaleoAsia, Nagoya University, Nagoya, May 12-13, 2018* (proceedings, p. 47).

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 2018年度研究報告書
PaleoAsia Project Series 20

発行日：2019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）

ISBN：978-4-909148-19-3

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>
