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



## 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

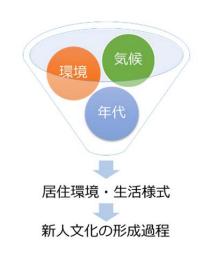
## アジアにおけるホモ・サピエンス定着期の 気候変動と居住環境の解明

## 目次

はじめに	· · · · ii
平成 28 年度研究組織	· · · · iii
研究報告 ウズベキスタン・アンギラク洞窟の中期旧石器時代	た層の花粉分析 ・・・・1 藤木利之・北川浩之・西秋良宏
洞窟内の居住空間の利用様式の推定方法の提案:ア	ンギラク洞窟遺跡を例に ・・・・7 北川浩之・Kun Liu・Bing Chen
花粉分析:パレオアジアの人々の生活環境を探る	・・・11 藤木利之
OSL 年代測定:試料採取	・・・・15 田村 亨
パレオアジアデータベース鼎談	・・・・23 近藤康久
<b>野外調査報告</b> 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 ・・・・31 近藤康久
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 ・・35 長谷川精
ベトナム中部高原地帯のプレイク火山地帯の火口湖 北川浩之・藤木利之・田村亨	日堆積物の採集・・・・44 ・ Trinh Ngoc Tuyen・Dang, Pong Xuan
【コラム】初めての海外調査―ベトナム中央高原フ	
【コラム】初めての海外がベトナム調査	千田美穂・・・・53田島正博
青森県出来島海岸の最終氷期埋没林調査	・・・・55 方雨婷・野口真・藤木利之・北川浩之
平成 28 年度研究業績	• • • • 57

## はじめに

約20万年前頃のアフリカ大陸で誕生したホモ・サピエンス(新人)は、10~5万年前頃以降、ユーラシア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。新人が拡散し定着した時代のアジア(以後、「パレオアジア」という。)を文化史的な観点から考究し、アジアにおける新人文化の形成過程の実態と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。

パレオアジア文化史学の計画研究 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・環境に関わる各種の証拠を多面的に解析することで、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解明を目指す。

プロジェクト初年度(平成 28 年度)は、東南アジア(ベトナム)、北アジア(モンゴル)、西アジア(オマーン)での野外調査を実施するとともに、計画研究 A01「アジアにおけるホモ・サピエンス定着プロセスの地理的編年的枠組み構築」(代表:西秋良宏)、計画研究 02「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」(代表:門脇誠二)と連携・協力して、イラン・ウズベキスタン、ヨルダンで、モンゴルでの遺跡発掘協力・考古資料分析(14C年代測定、OSL年代測定、花粉分析、OC/EC分析など各種分析)を実施した。また、新人文化の形成過程の解明を目指し、アジア各地の新人の居住環境や生活様式に関わる各種データと考古学的データを有機的に利用できるデータベースのデザインについて検討を行った。

本報告書は、平成 28 年度の計画研究 A03 の活動の記録である。今年度から着手した研究のすべての成果を取りまとめる段階には至っていない。それらの研究成果は、次年度以降に順次公表していく予定である。

北川浩之(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

## 平成 28 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/年代測定

研究分担者

藤木 利之 岡山理科大学理学部講師・古植生復元/花粉分析

奈良 郁子 名古屋大学宇宙地球環境研究所機関研究員·地球化学/気候水文環境復元

長谷川 精 名古屋大学 博物館特任准教授・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 国立研究開発法人產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

海外研究協力者

Mordechai Stein イスラエル地質調査所上級研究員・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

#### 研究支援者

(ベトナムでの調査)

Trinh Ngoc Tuyen ベトナム科学技術アカデミー地理研究所研究員

Le Van Hanh ベトナム北部高原地下水資源調査所所長

Dinh The Hoang ベトナム北部高原地下水資源調査所技術員

Luong Cong Thuc ベトナム北部高原地下水資源調査所技術員

Nguyen Hoang Lam ベトナム北部高原地下水資源調査所技術員

Nguyen Van Huynh ベトナム北部高原地下水資源調査所技術員

田島正博 岡山理科大学理学部基礎理学科3年

千田美穂 岡山理科大学理学部基礎理学科3年

(オマーンでの調査)

野口 淳 東京大学総合研究博物館・学術支援専門職員・国際活動支援班/A01 班

三木 健裕 ベルリン自由大学近東考古学研究所・博士課程

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

(モンゴルでの調査)

Niiden Ichinnorov

Enerel Gantulga

Davaadorj Davaasuren

Baasansuren Gankhurel

勝田長貴

長谷部徳子

モンゴル科学アカデミー古生物地質研究所副所長 モンゴル科学アカデミー古生物地質研究所研究員 モンゴル国立大学地理地質学科講師 モンゴル国立大学地理地質学科・修士課程 岐阜大学教育学部准教授

(青森県出来島海岸調査)

方 雨婷

野口 真

名古屋大学大学院環境学研究科修士課程1年 岡山理科大学理学部基礎理学科4年

金沢大学環日本海域研究センター教授

所属・肩書は、平成 29 年 3 月現在。野外調査等で支援・協力いただいた研究支援者には、 この場をもってお礼を申し上げます。

## ウズベキスタン・アンギラク洞窟の 中期旧石器時代層の花粉分析

藤木利之(岡山理科大学) 北川浩之(名古屋大学宇宙地球環境研究所) 西秋良宏(東京大学博物館)

アンギラク (Ангилак) 洞窟遺跡 (北緯 39° 17' 07.4"、西経 60° 41' 13.1"、標高 796 m) は、中央アジアのウズベキスタン南部に位置する (図 1)。この洞窟遺跡には約 3 万年前まで中期旧石器時代ムステリアン石器の伝統が残っていたとの指摘がなされ (Glantz, 2010)、ネアンデルタール人の中央アジアにおける残存説を検討する鍵となる重要な遺跡である (西秋, 2015)。

西秋らによる 2016 年のアンギラク洞窟 遺跡の再発掘では、第1から第5層までの 5つの地層が設定された。第1層は完新世、 第2~第4層が旧石器時代、第5層はヒト が居住する以前の地層である。炭素14年代 測定の結果によると、旧石器時代の最も新 しい第2層の年代が、約4万6千年前まで しか下らないことが明らかにされている (西秋, 2015)。



図1: 試料採取地点の地図

表 1:	アンギラク	′洞窟堆積試料 30	g に含まれる	る花粉化石数お.	よび胞子化石数

	第Ⅱ月	喜	第皿	鬙		第Ⅳ原	喜		第V層	喜	
	C5-2	H4-2	C5-3	F2-3	H4-3	C5-4	F2-4	H4-4	C5-5	F2-5	H4-5
木本類花粉											
マツ属	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1
スギ科	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
マオウ属	6	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
クルミ科	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
クマシデ属	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
コナラ属	13	0	0	12	0	2	4	2	0	0	7
ニレ科	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
草本類花粉											
イネ科	15	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
カヤツリグサ科	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
アカザ科	84	0	74	3	0	15	1	0	1	0	1
アブラナ科	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0
キンポウゲ科	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0
アオイ科	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
リンドウ科	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
セリ科	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
シソ科	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ヒルガオ科	46	0	14	0	0	0	0	0	1	0	0
オオバコ属	6	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
ヨモギ属	20	0	3	12	0	13	0	0	1	0	1
キク科	162	5	0	167	5	105	20	0	3	0	1
シダ胞子・その他											
単条溝型シダ胞子	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
不明	9	0	3	2	0	4	3	0	1	0	0
合計	377	6	115	200	5	142	31	3	15	0	12

本報告では、当時の古植生や気候の変化を推定する目的で実施した、アンギラク洞窟遺跡の花粉分析結果について報告する。分析に用いた試料はアンギラク洞窟遺跡の発掘区の C5 区、F2 区、H4 区から採取された。C5 区の第 3 層および第 4 層からは炉跡が確認されることから生活の中心、H4 区は石器製作の作業場であったと考えられている(表 1)。花粉分析を実施したのは、C5 区の第 2 層(試料番号 C5-2)、第 3 層(C5-3)、第 4 層(C5-4) および第 5 層(C5-5)、F2 地区の第 2 層(F2-3)、H4 地区の第 2 層(H4-2)、

第3層 (H4-3)、第4層 (H4-4) および第5層 (H4-5) の11試料である。

アンギラク洞窟遺跡からの堆積物試料に含まれる花粉化石は極端に少なく、30gの試料を処理(通常は1g程度を処理する)したにもかかわらず、試料番号 C5-2、C5-3、C5-4 および F2-3 以外の試料からは当時の植生を復元するうえで十分な花粉化石が抽出できなかった(表1)。炉跡が見つかり生活の場と考えられている C5区からの試料にやや多くの花粉化石が含まれていた。当時のヒトが植物を洞窟に持ち込み、燃料や寝床の材料として使用していた可能性があ

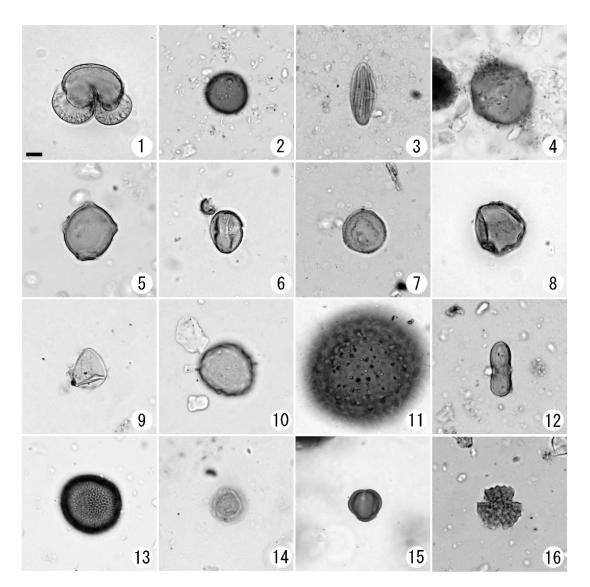


図 2: アンギラク洞窟の土壌試料から産出した花粉化石の光学顕微鏡写真。 1: マツ属、<math>2: スギ科、3: マオウ属、4: クルミ科、5: クマシデ属、6: コナラ属、7: ニレ科、8: イネ科、9: カヤツリグサ科、10: アカザ科、11: フョウ科、12: セリ科、13: ヒルガオ科、14: オオバコ属、15: ヨモギ属、16: キク科、スケールバーは 10  $\mu$ m。

る。

試料番号 C5-2、C5-3、C5-4 および F2-3 の試料にはアカザ科、キク科、常緑低木でユーラシア(中国からヨーロッパの地中海沿岸)、北アフリカ、南北アメリカ大陸の温帯の乾燥地で生育するマオウ科マオウ属の花粉が含まれていた。現在の周辺の気候は、年間降水量が 70~100 mm で非常に乾燥し

ている。降水の70%が秋から春に降り、特に3月と4月に集中している。夏季の降水は非常に稀であり、非常に乾燥し気温は45℃にも達する。現植生は、キク科やアブラナ科、イネ科、アカザ科などで、乾燥に強い植物が分布している(Belolipov et al., 2013)。旧石器時代(第2層~第4層)には、現在より若干乾燥気味な気候で、ヒトにと

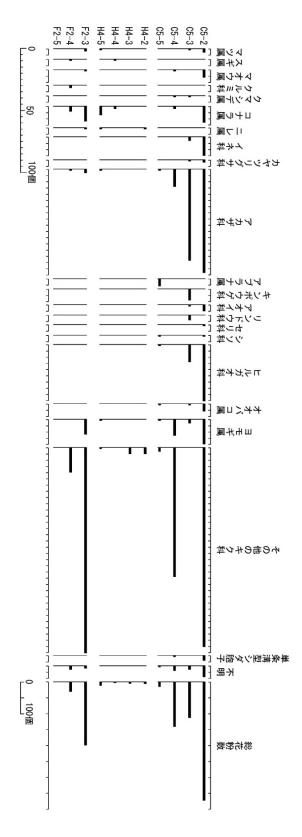


図3:アンギラク洞窟堆積物の花粉変遷図

っては夏季の「生活水」の確保が容易でな かったと考えられる。この地域にヒトの居 住に影響に乾湿が大きな影響を与えたと推 測される。第4層(F2-4 および H2-4)には、 湿潤を示すスギ科の花粉がごくわずかであ るが確認される。2層(C5-2)からは乾燥 地に生育するマオウ属花粉が若干であるが 多く出現する。また、C5 区では乾燥化を示 すアカザ花粉が増加している。第4層の時 代と比べて第2層の時代が乾燥していたと 解釈される。第2層(C5-2)には樹木の花 粉が若干多く含まれていることから、第3 層(C5-3)の時代より湿潤であったと解釈 される。中央アジアのウズベキスタン南部 での旧石器時代の湿潤ーやや湿潤一乾燥の 気候変動が、ヒトの生活様式にどのような 影響を与えたか、考古学的な解釈と合わせ て考察していくことは今後の課題である。

#### 今後の研究の方向性

ウズベキスタン・アンギラク洞窟の考古 発掘で採取された堆積物試料の花粉分析を 行った結果、本地域の旧石器時代には、気 候変動に応答したと考えられる植生の変遷 が確認できた。ヨーロッパに居住したネア ンデルタール人は、約4万8千年前頃に始 まったハインリッヒ・イベント 5 (Heinrich, 1988) といわれている寒冷期をトリガーと して人口を減らし、絶滅に向かったとの仮 説が提唱されている(佐野, 2014)。アンギ ラク遺跡の年代については今後詰めていか なければならないが、ウズベキスタン・ア ンギラク洞窟の第2層の年代が約4万6千 年前までしか下らないことから、居住廃絶 の時期もまさにその頃に対応している。本 研究で行った花粉分析は、大まかな気候変

動の傾向の復元にとどまり、中央アジアでもハインリッヒ・イベント5の気候悪化がネアンデルタール人の絶滅のトリガーであったとの仮説に対して、その妥当性を証明する段階でない。

最終氷期の中央アジアの気候変動復元研究は十分でない。アンギラク洞窟周辺の湖沼や陸域堆積物の高解像度な炭素 14 年代測定やOSL年代測定および花粉分析を実施し、気候変動復元を行い,考古学的事実と突合せ検討することで、ネアンデルタール人の残存説や千年スケールの気候変動(ハインリッヒ・イベント 5)によるネアンデルタール人の滅亡説の妥当性を明確にできるものと考えている。

#### 【文献】

Belolipov, I. V., Zaurov, D. E., Eisenman, S. W. (2013) The geography, climate and vegetation of Uzbekistan. *In*. Eisenman S. W.,

Zaurov, D. E., Struwe, L. (eds.), Medicinal plants of central Asia: Uzbekistan and Kyrgyzstan, 5–7.

Heinrich, H. (1988). "Origin and consequences of cyclic ice rafting in the northeast Atlantic Ocean during the past 130,000 years". Quaternary Res. 29, 142–152.

西秋良宏(2015) 旧人・新人交替劇と両者 の学習行動の違いに関わる考古学的研究 —2014 年度の取り組み。西秋良宏『考古 学試料に基づく旧人・新人の学習行動の 実証的研究』5-「交替劇」A01 班 2014 年度研究報告、1-11.

佐野勝宏 (2015) ヨーロッパにおける旧人・新人交替劇の真相理解に向けて. 『考古学 試料に基づく旧人・新人の学習行動の実証的研究』5-「交替劇」A01 班 2014 年度研究報告-35-46.

## 洞窟内の居住空間の利用様式の推定方法の提案: アンギラク洞窟遺跡を例に

北川浩之(名古屋大学宇宙地球環境研究所) Kun Liu·Bing Chen(中国山東大学環境研究院) 西秋良宏(東京大学博物館)

人間の健康や地球規模の気候変動に大きな影響を及ぼす大気中に浮遊する微小粒子状物質 (大気汚染物質)の元素状炭素 (EC)と有機炭素 (OC)を別々に定量する方法に、サーマルオプテカル・リフレクタンス分析 (TOR 分析: Thermal Optical Reflectance analysis)がある。本方法は、石英フィルタ上に捕集、あるいは分散した試料を、異なる温度とガス雰囲気で熱解離させることでECとOCを分別し、気化した炭素量を水素炎イオン化検出器 (FID)で定量する方法である。多検体の試料のEC及びOCを短時間で測定することが可能であり、大気中の微小粒子状物質モニタリング等を効率的に実施する手段として利用されている。

EC は炭化水素が高温で不完全燃焼する際に生成する。洞窟などでのヒトの生活一火を、調理、暖、獣から身を守るために利用ーには火の利用が不可欠である。遺跡の堆積物の EC の含有量は、火の利用と密な関係があることが予想でき、EC を指標とれば、1)洞窟内部で火の利用状況、2)洞窟内の居住空間の利用様式などの情報が得られることが予想される。本稿では、ウズベキスタン・アンギラク洞窟遺跡の旧石器時代の地層から採集された試料の TOR 分析



図 1. アンギラク洞窟遺跡の位置 (http://www.stantours.com/pics/ca\_mn\_m ap top xl.gif)

の結果について報告する。

#### 分析試料

ウズベキスタン東南部のカシュカダリヤ (Kashkadary) に位置するアンギラク (Anghilak) 洞窟 (39°17'07.4"N, 66°41' 13.1"E, 標高 796 m) は、比較的小型で東側 に出入り口がある遺跡である (図1)。

2000 年代初頭にウズベキスタン・アメリカ 合同調査隊によって発掘調査 (The Uzbek-American Stone Age Project) が実施された (Glantz *et al.*, 2003; 2004)。2013 年と2014 年にはウズベキスタン・日本合同調査隊によって、アンギラ洞窟の層序と石器群、

その年代を確認することを目的とした再発 掘調査が実施された(西秋, 2015)。

再発掘調査では第1層から第5層のまでの5つの地層に区分され、考古学的な事実や炭素14年代測定の結果、第1層は完新世、第2層~第4層は旧石器時代、第5層はヒトの居住以前の地層である。最も新しい旧石器時代の第2層が約4万6千年前より古いことが示されている。

TOR 分析を行った試料は、アンギラク洞 窟遺跡の 2014年の発掘の C5 区、F2 区、H4 区で採取された 12 試料である。C5 区の第 3 層および第 4 層からは炉跡が発見されてい る。H4 区は、生活の場というより、石器製 作等の作業場であったとされている。

#### 結果及び今後の展望

3 地区とも共通して、ヒトの居住以前の 第 5 層に比べて、第 4 層から第 2 層の EC 濃度、EC/TC 比が明らかに大きい値を示し ている(図2及び表1)。洞窟内で「火」が 利用された証拠である。興味深いのは、炉 跡が発見されているC5区の第3層および第 4層が他の地区より EC 濃度、EC/TC 比が小 さい値を示す点である。EC は炭化水素等の 有機物が高温で不完全燃焼する際に生成す る。炉が存在した地区の EC 濃度が小さい 値を示すことは、(1) 炉の燃焼温度が EC を効果的に生成する温度より低温であった か、(2) 炉で発生した灰等を別の地区に廃 棄することで、炉を長期的に利用した可能 性がある。現段階では結論を得ることはで きないが、今後体系的に採集された試料の 分析

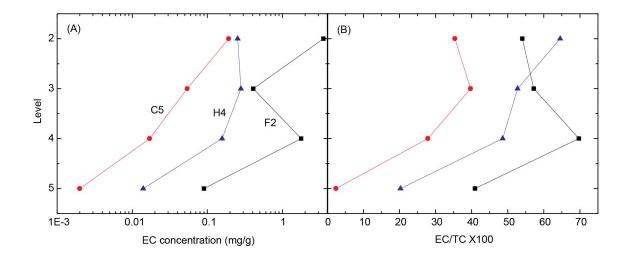


図 2: アンギラク洞窟遺跡の元素状炭素(EC)濃度(A)と元素状炭素/全炭素(TC)。 TOR 分析は炭酸塩除去のため酸処理を実施(水溶性の炭素は除かれている)したため、TC は過少評価されている。TOR 分析のプロットコールは大気中の微小粒子状物質の分析用に National Institute of Occupational Safety and Health で開発された IMPROVE アルゴリズムを試験的に利用(遺跡の堆積物に適用するためには検討が必要、Han et al., 2007)

#	Sample	Area	Level	EC (mg/g)	OC (mg/g)	TC (mg/g)	EC/TC (%)
1	C5-2	C5	2	3.505	2.982	6.487	54
2	C5-3	C5	3	0.408	0.305	0.713	57
3	C5-4	C5	4	1.772	0.77	2.542	70
4	C5-5	C5	5	0.090	0.13	0.220	41
5	H4-2	H4	2	0.192	0.351	0.543	35
6	H4-3	H4	3	0.054	0.082	0.136	40
7	H4-4	H4	4	0.017	0.044	0.061	28
8	H4-5	H4	5	0.002	0.081	0.083	2
9	F2-2	F2	2	0.253	0.139	0.392	65
10	F2-3	F2	3	0.280	0.251	0.531	53
11	F2-4	F2	4	0.157	0.166	0.323	49
12	F2-5	F2	5	0.014	0.055	0.069	20

表 1:アンギラク洞窟遺跡の TOR 分析の結果

を行うことで、洞窟内での火の利用の方法 や洞窟内の居住空間の利用様式の実態を EC 濃度、EC/TC を指標もとに探ることが可 能になるのではないかと考えている。

#### 【文献】

Birch, M. E., Cary, R. A. (1996) Elemental carbon–based method for monitoring occupational exposures to particulate diesel exhaust. Aerosol Science and Technology 25, 221–241.

Glantz, M. M., Suleymanov, R., Hughes, P., Schauber, A. (2003) Anghilak Cave, Uzbekistan: documenting Neandertal occupation at the periphery. Antiquity 77(295), 1–5.

Glantz, M. M., Viola, B., Chikisheva, T. (2004). New hominid remains from ObiRakhmat Grotto. In: Derevianko, A.P. (Ed.), Grot Obi-Rakhmat. Institute of Archaeology and Ethnography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 77–93.

Han, Y., Cao, J. C., An, Z., Chow, J. C., Watson, J. G. Jin, Z., Fung, K., Liu, S. (2007) Evaluation of the thermal/optical reflectance method for quantification of elemental carbon in sediments. Chemosphere 69, 526–533.

西秋良宏(2015) 旧人・新人交替劇と両者の学習行動の違いに関わる考古学的研究—2014 年度の取り組み. 西秋良宏『考古学試料に基づく旧人・新人の学習行動の実証的研究』5-「交替劇」A01 班 2014年度研究報告.

## 花粉分析:パレオアジアの人々の生活環境を探る

藤木利之 (岡山理科大学理学部)

花粉分析とは、堆積物に含まれる花粉や 胞子の化石を分離、それらを光学顕微鏡や 走査電子顕微鏡を用いて検鏡することで、 各種の花粉の質的・量的な割合を求める一 連の作業である。花粉の外壁は植物由来の 分解されにくい高分子物質であり、堆積物 中などでは他の生物遺骸が分解された後も 長期にわたって保存される。つまり花粉分 析の結果から、過去の気候や植生のなどの 情報を読み取ることができる。花粉分析の 応用分野は、地質学、古生物学、考古学、 林学など広範囲に及び、とりわけ考古学分 野では、遺跡周辺の気候や植生の復元の有 力な手段となっている(松下, 2004)。

堆積物から花粉化石と胞子化石を抽出する様々な方法が知られている。我々の研究室では、水酸化カリウム水溶液や塩酸を用いて腐植物質や無機物を分解、塩化亜鉛水溶液を用いて鉱物粒子と花粉化石を含む有機物を比重分離、アセトリシス処理と呼ばれる錯化液(無水酢酸と濃硫酸の混合液)を用いてセルロースを加水分解し、花粉・胞子化石を濃縮分離している(図1)。分離された花粉化石と胞子化石をエタノールで脱水後、キシレンに置換後、光学顕微鏡用プレパラートにオイキットで封入して永久プレパラートを作成している。研究の目的によって一概には言えないが、樹木の花粉と樹木以外の草を200個以上、樹木の花粉と樹木以外の草

本花粉を合わせて 500 個以上を目安に、花 粉化石一粒ごとに同定している。一連の花 粉の分離作業に手間暇がかかることはいう までもないが、顕微鏡下での花粉の同定は、 すべて人が行う作業である。花粉の形態に 熟知した研究者や技術者でさえも非常に時 間がかかる作業である。最近の画像処理技 術を利用した自動花粉同定システムの研究 開発が試みられているが (Boucher et al., 2002)、現状では花粉化石の種類が極端に限 られるなどのような特殊な場合を除き,実 用に耐えられる段階に到達しているとは言 い難い。考古学の遺跡発掘では、花粉分析 の手間暇や分析可能な試料数を考慮して、 花粉分析の担当者と事前に打ち合わせを行 い、研究目的に有効な情報が得られる体系 的な試料採取に心掛けることが望まれる。

アジアはユーラシアの東部と中部であり、大陸と島嶼も含めた面積は 49,694,700km² と広大な地域である。ケッペンの気候区分によれば、アジアにはほとんどすべての気候型が含まれる。植物の地理的分布も多様で、各地の植生は気候変化に応答して刻々と変化することが知られている。この広大な地域の植生は、以前は、現在とは若干異なる環境にあった。

花粉分析の最初の一歩は、研究対象地点の植生を正しく把握し、植物とその花粉の 形態を結びつけることである。日本、台

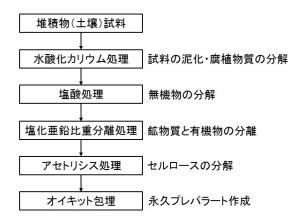


図1:花粉分析の処理の手順

湾、中国、韓国などの東アジアの限られた 地域では、植生研究が十分に行われ植生区 分や生育している植物種まで明らかにされ ているが、熱帯域をはじめアジアの広範囲 の地域では、植生区分が大まかなにされて いるだけで、各地に生育する植物種は十分 に明らかにされていない。アジア各地に分 布する遺跡から採取された堆積物試料の花 粉分析を行うためには、現地の植生に熟知 した研究者等との連携を促し、該当地域の 植生の厳密な把握に努める必要がある。

花粉形態研究は、東アジア亜熱帯~温帯地域では古くから多くの研究者の努力によって行われてきた。特に日本列島に分布する植物の花粉形態は、「日本植物の花粉」(幾瀬、1956)、「日本植物の花粉形態」(島倉、1973)、「日本産花粉の標徴」(中村、1980)、「日本産花粉図鑑増補・第2版」(藤木ほか、2016)などに詳しく記載されている。これらの文献を参照すれば、東アジア各地で採取された堆積物に含まれる花粉化石を同定することができる。気候変化や植生変遷を詳細に復元することが可能となる。一方、熱帯域などアジアの大半の地域では、花粉形態研究がほとんど着手されておらず、花

粉分析で気候・植生を復元するためには、研究の対象地域の植生の把握や遺跡周辺で生育する植物の花粉の形態研究に着手し、「花粉カタログ」ともいえる現生花粉図版を新たに作成しなければならない。現状では、花粉分析がアジアのすべての地域の植生復元の手段とは言えない。その一例は、引き続き説明するベトナム中央高原プレイク火山地帯の火口堆積物の花粉分析である。

最終氷期以降の東南アジアの気候復元を 行う目的で、ベトナム中央高原プレイク火 山地帯(熱帯域に区分される)の火口湿地 から採集した堆積物の花粉分析を手掛けて いる。後氷期の堆積物には、マツ属やマキ 属、常緑カシ類、ニレ科、サルスベリ属、 フウ属などの樹木の花粉が認められ、本地 域には照葉樹林を中心とした熱帯林が分布 していた (図 2)。最終氷期の堆積物には、 この地域の花粉化石図版が十分に整備され ていなく、光学顕微鏡を使った検鏡では同 定できない花粉化石が含まれていた。その 花粉の大きさは常緑カシ類に、表面模様は 落葉ナラ類に類似した形態をもつ特徴ある 花粉化石である(図3)。走査電子顕微鏡を 用いた花粉の微細形態観察を行った結果、 この未同定花粉は、日本列島にも自生する 硬葉樹のウバメガシに非常に類似した常緑 ナラ類であることが判明した。同時期にモ ミ属やシイ属の花粉が産出することからも、 プレイク火山地帯周辺の最終氷期の植生は 針葉樹や硬葉樹を伴う照葉樹林であると推 定される。この研究例のように、アジア各 地の植生の変遷を花粉分析で探り、パレオ アジアに生活を営んだヒトの居住環境を正 しく調べるためには、各地の植生の現地調 査や花粉の形態学的研究を並行して進めて

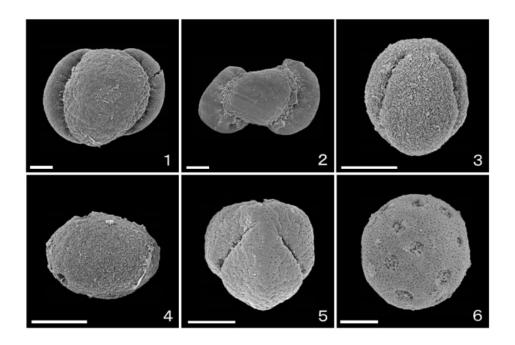


図 2:ベトナム・プレイク火山地帯に分布する火口湖の後氷期の堆積物から産出した花粉化石。1:マツ属、2:マキ属、3:常緑型コナラ属アカガシ亜属、4:ニレ科、5:サルスベリ属、6:フウ属。スケールバーは  $10~\mu m$ 。

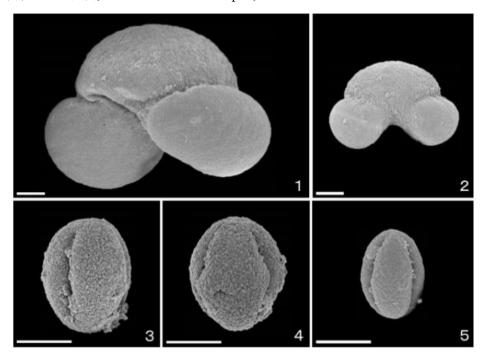


図 3: ベトナム・プレイク火山地帯に分布する火口湖の最終氷期堆積物から産出した花粉化石。1: モミ属、2: マツ属、3: コナラ属アカガシ亜属、4: 常緑型コナラ属コナラ亜属、5: シイ属。スケールバーは  $10~\mu m$ 。

査や花粉の形態学的研究を並行して進めて いく必要がある。

#### 【文献】

- Boucher, A., Hidalgo, P. J., Thonnat, M., Belmonte, J., Galan, C., Bonton, P., Tomczak, R. (2002) Development of a semi-automatic system for pollen recognition. Aerobiologia, 18, 195–201.
- 藤木利之,三好教夫,木村裕子(2016)「日本産花粉図鑑増補・第2版」北海道大学出版会. 1016pp.

- 幾瀬マサ (1956)「日本植物の花粉」広川書店. 330pp.
- 松下まりこ(2004) 考古学研究調査ハンド ブック1「花粉分析と考古学」同成社、 142pp.
- 中村 純(1980) 大阪市立自然史博物館収 蔵資料目録第12・13集,日本産花粉の 標徴.大阪市立自然史博物館.157pp, 91pp.
- 島倉巳三郎(1973)日本植物の花粉形態大阪市立自然科学博物館収蔵資料目録第5 集,日本植物の花粉形態.

### OSL 年代測定:試料採取

田村 亨 (產業技術総合研究所地質情報研究部門)

#### 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。ただ し、これらのプロセスの開始時期と考えら れる 5~10 万年前は、汎用的で信頼性の高 い放射性炭素年代測定の測定限界を越え、 絶対年代に基づく検討が困難である。

近年、5~10 万年前の年代測定に有力な 手段として光ルミネッセンス (OSL: Optically Stimulated Luminescence) 年代測定 法が格段に進歩し、また年代測定値の信頼 性を評価する知見が蓄積されてきた。この 年代測定法を「うまく利用」することで、 人類史の未開の問題が解決される可能性が ある。

OSL 年代法は、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)の強度から、地層の形成年代を決定する手法である。OSL 年代の適用年代範囲は過去数十年から数十万年と(図1)、過去5万年以内の放射性炭素年代に比べてはるかに広範である。また、石英・長石などの鉱物粒子に直接適用でき、汎用性に優れている。乾燥地域では、放射性炭素年代の対象となる有機物の良好な保存が期待できない。そうした場合、OSL 年代は放射性炭素の測定

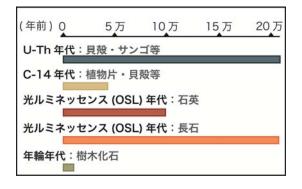


図1: OSL 年代と他の主要な第四紀年代 手法の適用可能範囲

範囲内でも有効な年代測定法となりうる。 こうしたことから、OSL 年代測定は、プロジェクト「パレオアジア文化史学」の推進の駆動力となる年代測定手法として期待できる。

本稿では、考古遺跡などの現場での OSL 年代測定の試料採取について扱う。 OSL 年代測定の原理等の詳細については文末の参考文献を参照いただき、考古学的な研究に有効な OSL 年代を得るために不可欠な試料採集の留意点について説明する。 OSL 年代測定の手順は大きく分けて、1) 現場での試料採取、2) 実験室での試料調整、3) 調整試料の測定の3段階からなる。初めに、2) と3) の OSL 年代測定の手法と手順について簡単にまとめ、それをふまえて試料採取の方法や留意点について説明する。

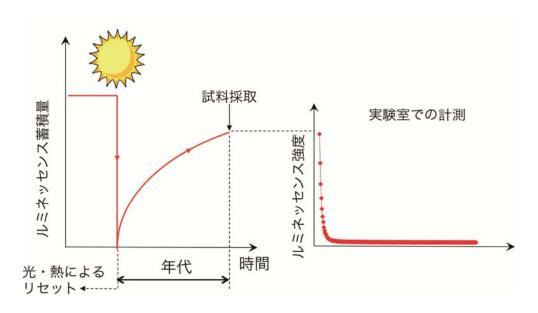


図2:ルミネッセンスの蓄積とリセット

#### 2. OSL 年代の基本原理

OSL 年代は、OSL 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、鉱物粒子が地層中に埋積された時間の長さ(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)

ルミネッセンスの発生源は、鉱物結晶の 格子欠陥(トラップ)に蓄積する不対電子 である。鉱物結晶中の電子は、放射線を被 爆してエネルギーを得ると電離して自由電 子となる。その後エネルギーを失った一部 の自由電子は結晶格子中の不純物や構造の 不規則性に起因するトラップに捕獲され、 不対電子となる。不対電子が熱や光などの エネルギーを受けると励起状態となり、ト ラップから抜け出して、一部がより低いエネルギー準位のトラップに収まる。この時のエネルギー準位の差がルミネッセンスとして外部に放出される。光により励起された場合を光ルミネッセンス、熱により励起されたものを熱ルミネッセンス(TL: Thermoluminescence)と区別される。

不対電子の蓄積量は、鉱物が地中に埋積される間に周囲や内部の自然放射線を被爆すると年々増加する。これを被爆線量と呼ぶ。光や熱で励起した時に発生するルミネッセンスの強度も、不対電子の蓄積とともに大きくなり、時間とともに強くなる(図2)。これを逆手にとると、地層から採取した鉱物試料のルミネッセンスの強度から蓄積線量を求めることができる。不対電子の蓄積量を左右する年間蓄積線量を、堆積物試料に含まれる放射性核種の濃度と宇宙線の強度から見積ることで、試料の埋積後の年代が決定される。これが、OSL年代測定の基本原理である。



図 3: OSL 年代測定装置 (Risø DA-20 TL/OSL reader)。チャンバーの蓋が開いた状態。測定時には蓋を閉める。

#### 3. OSL 年代の手法と手順

#### 試料の調整:測定鉱物と粒度

試料の処理・調整は暗室内の赤色光下で 行われる。試料調整の目的は2点で、鉱物 を揃えることと、粒度を揃えることである。 一般的には、測定対象となる鉱物は、OSL 特性を有する石英とカリ長石である。石英 とカリ長石以外にも、斜長石、方解石、か んらん石などOSL特性を持つ鉱物は存在す るが、現状で実用レベルの手法が確立され ているのは石英とカリ長石の2種類のみで ある。粒度は直径 4~11 μm (細粒粒子)、 または砂粒子サイズ(粗粒粒子)の2種類 である。この2つの粒度に分けられる理由 は、一言でいえば、放射線の影響範囲の違 いにある。α線、β線、γ線の放射線の影響 範囲は、それぞれ 0.03 mm、3 mm、0.3 m で ある。このうちα線とβ線の取り扱いが粒 径により異なっているために粒径を揃える 必要がある。細粒粒子ではα線とβ線が完 全に貫通すると仮定される一方、粗粒粒子 は表面をフッ酸でエッチングすることで α 線の影響を無視し、β線は鉱物粒子の大き

さによる減衰を仮定した上で、OSL 年代測定に必要な年間線量を推定する。特定の鉱物を分離し、粒度を揃えるために、現場で採取した試料に対し、過酸化水素と塩酸による有機物と炭酸塩の除去、篩および沈降法による分析対象の粒子画分の分離、重液による特定鉱物粒子の分離、フッ酸によるエッチングという手間暇のかかる一連の処理・調整が行われる。

#### OSL の測定

OSL の測定は通常、専用の OSL 測定装置 により行う。最も汎用的に用いられている のはデンマーク DTU 製の Risø TL/OSL reader (図 3) であり、その他にはドイツ Freiberg Instruments 製の lexsygsmart などが 用いられる。これらの装置の基本的な機能 は同じである。図 3 に示すように、OSL 測定装置には、光励起用の LED、放射線照射 用線源(主に  $^{90}$ Sr/ $^{90}$ Y の  $\beta$  線源)、試料加熱 用のヒーター、および OSL 測定のためのフォトマル (光電子倍増管) が備わっている。 調整された鉱物試料は専用のディスクに搭載し、OSL 測定を行う。

実験室での OSL 測定の手順は、基本的に SAR (Single Aliquot Regenerative) 法 (表 1) に従う。測定対象によって実験の諸条件が 異なる。ここでは、最も一般的な石英の測

表1:石英 SAR OSL 法の測定手順

ステップ	
1	プレヒート
2	光励起 (125℃, 20秒間)L <sub>x</sub>
3	ベータ線照射
4	プレヒート
5	光励起 (125℃, 20秒間) T <sub>x</sub>
6	ベータ線照射・ステップ1へ戻る

定手順を示す(表1)。SAR 法の核となるのは2点で、試料のOSL 強度から蓄積線量を求めるために同じ試料に対して装置内で既知量の放射線を照射してOSL 測定すること、および実験中に生じる鉱物の感度変化(放射線照射に対するOSL の感度)を補正することである。具体的な手順は次の通りである。

#### (ステップ1)

プレヒート。試料を加熱することにより熱的に不安定で年代測定に有用では ない成分を除去する。

#### (ステップ2)

125℃まで加熱して光励起を行い、OSL 強度 (L<sub>x</sub>) を測定する (図 2)。

#### (ステップ 3~5)

一定量の放射線を照射した上で加熱し、ステップ 2 と同様の測定を行い、OSL強度を測定する  $(T_x)$ 。 $L_x$  を  $T_x$  で除して規格化し、感度変化を補正する。

#### (ステップ6)

試料に任意の放射線を照射し、再びステップ  $1\sim6$  を繰り返す。

このように規格化した OSL 強度( $L_x/T_x$ )と線量との関係を示す検量線を描き(図 4)、この手順の 1 巡目で得られる OSL 強度に対応する線量(蓄積線量もしくは等価線量、Equivalent Dose:  $D_e$ )を求める。

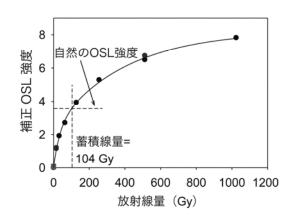


図4:SAR 法による蓄積線量定量のための検量線。

#### 年間線量の算出

年間線量の算出は、調整前のバルク試料に含まれる天然放射性核種の濃度と宇宙線強度に基づいて求められる。放射性核種の濃度は、4つの放射性元素(U、Th、Rb、K)をICP-MSなどを用いて定量化学の手法で求める場合と、試料から発せられるβ線やγ線を直接測定する場合がある。いずれの方法でも採取した試料の一部を用いて行う。宇宙線の強度は、緯度経度と標高から文献値を用いて求め、さらに宇宙線の埋没深度

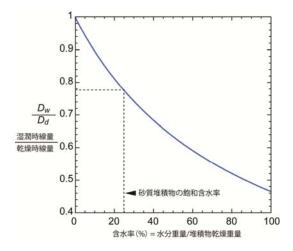


図 5:含水率と放射線減衰率との関係 (K-40 由来のγ線の場合)



図 6: 露頭壁面からの OSL 年代試料の採取

による減衰を考慮して求める。また、地層中の水分含有量は放射線を減衰させ、また特に細粒試料においては単位体積あたりの堆積物の濃度を薄める。いずれもその増加とともに年間線量を低くする効果があり、OSL年代を若く見積もることになるので、特に水分含有量を適切に見積もることは重要である(図5)。

#### 4 試料採取の方法

野外調査の現場などで OSL 年代測定用 の試料を採取する場合に留意すべきことは、 1) 試料を露光させないこと、2) 試料の水 分量を極力保つこと、3) 採取地点の情報を 記録することの3点である。

最も一般的な試料採取は、トレンチや露頭の壁面に塩ビ管や金属管を打ち込むことで行われている(図6)。図7に一般的に用いる試料採取管を示す。試料管の材質は、光を通さず壁面にハンマーで打ち込む際の

衝撃に耐えられるものであれば特段こだわ らない。市販の肉厚 1.5 mm の塩ビ管、金属 管で十分に間に合う。管のサイズは、分析 に必要な試料の量から決める。一般的には 直径 5 cm、長さ 15 cm 程度のものを用いる ことが多い。ハンマーは、図7に示すよう なショックレスハンマーが使い勝手が良い。 また打ち込みの際には試料管にキャップを つけると内部の試料への露光を最小限にと どめることができる。また壁面と内部で湿 度が異なる場合は、少し壁面を掘り込んだ 上で試料管を打ち込む。打ち込み試料管の 内部がいっぱいになると、管の周りをねじ り鎌やスパチュラなどで削り取って管を引 き抜き、壁面側の端にもふたをつける。試 料管内の試料の両端 2~3 cm は露光するお それがあるが、両端を除いた内側の部分の みを OSL 年代測定に用い、両端部分は化学 分析や放射線測定や含水率測定に用いる。 上述のように含水率は年間線量の決定に影

響を及ぼすため、できるだけ採取時の状態 を保てるように、管両端のキャップをビニ ルテープなどで厳重に密封し、さらに試料 管全体をビニル袋で包んで保管する(図7)。 露頭面が固く試料管を打ち込めない場合は、 露頭をブロックごと持ち帰る方法も採用さ れている。この場合も内部の含水量をでき るだけ変化させないようにビニル袋などで 入念に包装する必要がある。試料管の場合 と同様に、表面の2~3 cm は露光するおそ れがあるため、少なくとも 10 cm 四方のブ ロックを採取することが望ましい。その他 の試料採収方法として、ハンドオーガー掘 削孔の底面に試料管を打ち込んで採取する ことやボーリングコアの芯の部分から試料 を採取することもある。ボーリングコアの 場合は、半割を暗室内で行い外側 2~3 cm を避けて試料を採取する。いずれの方法で も、採取した試料はなるべく早く暗室で開

封して処理を始めた方が良いが、やむを得 ず保管が必要な場合は冷暗所で行うように する。現場調査の際、試料採取とともに採 取位置の情報を記録しなければならない。 必須の情報は、1) 試料の採取深度、2) 採 取点の標高、緯度・経度で、いずれも年間 線量の推定における宇宙線の寄与を見積も ることに使われる。精度は、深度が 10 cm、 標高が 10 m であり、緯度・経度はハンディ GPS での測定精度程度で十分である。試料 採取の位置は、均質な地層で、地層境界よ り 30 cm 以上離れた層準が望ましい。上記 の通りγ線の影響範囲は30 cm に及ぶ。こ のため試料を地層境界の近傍で採取する場 合は、γ線の計算において地層の構造を考慮 する必要がある。また、遺物や大型化石な どが含まれる地層では3次元的なモデルに 基づいて年間線量の計算を行うことも必要 となる。こうした複雑な年間線量の算出



図7: OSL 年代試料採取用の道具。左から塩ビ管用パイプカッター、ショックレスハンマー、塩ビ製試料採取管、アルミ製試料採取管、密封した試料採取管

には、採取した試料だけでなく、遺物・化石や層準ごとに放射性核種濃度を定量するなど、均質な地層に比べて膨大な作業が必要になる。さらに、試料を採取する地層の堆積環境の情報についても予め解釈できていることが望ましい。OSL 年代では、鉱物粒子が埋積前に十分に太陽に露光して、不対電子の蓄積がリセットされていることが前提条件である。砂丘地や海岸では一般に露光が良いが、河川では露光が不完全な場合が多い。露光が不完全と予察される場合、正しい堆積年代を得るために粒子ごとのOSL 測定や測定データの特殊な統計処理を行うことが必要になる。

#### 【文献】

Aitken, M. J. (1998) An Introduction to Optical Dating. Oxford University Press, Oxford, 267 p.

Duller, G. A. T. (2004) Luminescence dating of Quaternary sediments: recent advances. Journal of Quaternary Science 19, 183–192.

Murray, A. S., Wintle, A. G. (2000) Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. Radiation Measurements, 57–73.

## パレオアジアデータベース鼎談

近藤康久(総合地球環境学研究所研究基盤国際センター)

オマーン・ニズワ滞在中の2016年12月30日に、北川浩之・野口淳・近藤康久の3名でパレオアジア文化史学プロジェクトのデータ共有に関する課題と将来展望に関する意見交換を行ない(図1)、以下に掲げる共通認識を得た。

- [1] 自然科学と人文科学では「データ」の 意味合いが若干異なる。自然科学では 一定の手順(プロトコル)に従えば誰が 取っても同じものがデータ。一方、人 文科学では解釈(価値判断)が入るた め、データを取る人によって内容が異 なる、ということがありうる。
- [2] 自然科学的なアプローチはでデータを 利用する立場からすると、他の誰かの 解釈・思想・ポリシーが入っている「デ ータ」(以後、「2次加工データ」とい う。)は使いづらい場合がある。新たな アイデアでデータを利用する場合には 2次加工データでは必要な情報を得ら れないこともある。また、2次加工デ ータの作成の前提が崩れるとすべてが 無に帰す可能性を秘めている。反面、 経緯度や年代測定値、石器や化石の有

無や数量は安心して使える。数理モデルの初期条件を設定する際には、オリジナルデータを参照する必要がある。

- [3] 異分野の研究者らが共有するデータベースの構築には、データを生産者とデータを利用者は別という前提が重要でないか。データ生産者にとって意味ないデータでも、利用者には有効なものである。データベースはシステム(箱)というよりも、むしろデータの集合と考え、データは作成時の価値判断が入ったデータは、オリジナルデータを参照できる仕組みが必要である。
- [4] データベースはシステム(箱)というよりも、むしろデータの集合と考える。研究成果等に基づき2次加工データが利用ユーザーに有益な場合は、加工処理の手順等についてのくわしい説明を付記、オリジナルデータでないことを明確にすることが望まれる。
- [6] 研究大会でデータベースをテーマにしたシンポジウムを開催する。



図1: 鼎談の様子(撮影:近藤康久)

付録:パレオアジアデータベース鼎談

収録日:2016年12月30日

収録場所:オマーン、ニズワのホテルにて 話し手:北川浩之(総括班/A03班)、野口 淳(国際活動支援班/A01班)、近藤康久(総 括班/A03班)

近藤:今から北川浩之さん、野口淳さんと 近藤康久の3人で、パレオアジアデータベースについて考えていることを、ざっくば らんに話します。実は録音前に15分ぐらい 話し合いが盛り上がっていて、その中で、 理系研究者の考えるピュアエビデンスの中で 「タ(ピュアデータ)は、誰がデータを取っても同じものであるという原則があるのに対し、人文学のデータは、考古学も含めて、往々にして何らかの価値判断が入っていて、パレオアジアプロジェクトにはその両者が共在しているから、データベースの共有がうまくいかない。ということがわかってきました。

野口: それから使い勝手が悪い。

#### 近藤

はい、使い勝手が悪いというのは、交替劇プロジェクトの遺跡データベースを引き継いだパレオアジア A01 班のデータベースは、FileMaker をベースに作られていて、それが使いにくいという意味です。今後は SQLをベースにして、使う人とデータを生産する人とが分かれていることを前提したデータベースを作るということを話していましたね。それでいいですか。

野口:それでいいと思います。

北川:データベースの基本はピュアデータ (あるいはオリジナルデータ) からなるべきで、そのデータをユーザーが加工して二次加工データを作りデータベースに加えます。そのようにして、いろんな人が使っていくと、どんどん複雑なリンクができていきます。これがビッグデータを扱いの基本だと思います。

野口:今回はピュアデータを含むデータセ ットを作る人が、本来は人文学寄りの考古 学の研究者なので、ピュアデータとそうで ないデータを切り分けながらデータを作っ てくださいとお願いするのは、一からトレ ーニングしないといけないぐらい難しいと 思います。そこで、最初のうちはデータ共 有に関与する人を少なめにしといて、考古 学のデータをそのまま読み解ける人が仲立 ちをして、ユーザーからの要望に応じて、 ピュアデータとそうでないデータを切り分 ける作業を内部的に手助けする人が、最初 のうちは必要だと思います。その中で、ユ ーザーがさらにデータを加工して解析した 結果が見えてくると、初めてデータ生産側 の考古学の人は、このデータはこう出すと こう使われているのだということや、逆に これを付けると邪魔だということがわかっ てくるのかなと思います。

北川:それは一理あると思います。事情を 知らない理系のユーザーが、オリジナルの データと、加工されたデータ、つまり何ら かの考えやポリシーが入っているデータを 区別するのは無理ですよ。だから、あえて 言えば二次加工されたデータは使いたくな いのです。二次加工されたデータは、使う 段階で躊躇してしまいます。例えば、論文 を書くときに、データの信頼性の部分で、 この人の考え方間違っていたら全部、デー タは無意味になります。これが怖い。いっ ぽうで、緯度経度は不変だから、使っても 全然怖くない。

近藤:考古学から提供できるデータで、ピュアエビデンスであるものは、緯度経度、

年代測定値、それから石器や化石の有無などですね。

北川:そう、それが一次データです。

野口:遺物は定量化できます。調査面積あたりの出土点数を考えれば、10 平米掘ったら何千点も出るところと、100 点ぐらいしか出ないところを区別することができます。

北川:調査面積は何平米、出土点数は何個と、個別に扱うべきです。出土の密度は、データベースのデータから割り算をすることで求められます。わり算の値がデータベースにある必要はなく、オリジナルのデータは他の目的でも利用できます。

野口:わかりました。

北川:私が怖いと言うのはそこです。例えば、近藤さんが、これだけの面積の遺跡を発掘したとします。全部で何平米掘りましたという情報は、欲しいです。どのような遺物が何点出たかという情報も欲しいです。されくらいの密度で出てきたかという情報が必ず必要とえない。年代測定のデータも、何件試料を採取して、そのうち何件を測定しましたという情報は欲しいです。つまり、オリジナルのデータが欲しいのです。後から計算で求まるものは、データ利用ソフトのインターフェースで計算するようにすればいいのです。

FileMaker はマクロを組むのが非常に難 しいから、どうしても計算結果を入れてお きますよね。そこに石器の縦横比のデータ が入っていても、理系の研究者にとっては リアリティーがないのです。縦の値と横の 値が入っているときは使える可能性があり ますが。一次データと二次データは、クリ アに分けておかないと使いにくい。特に、 数値モデルに組み込む時には、オリジナル データでないと組み込みにくいのです。

近藤:そうです。B02 班の数理モデルの変数はシンプルで、0-1 ベクトル、つまり有るか無いかです。それは判断しやすいし、誰が分類しても、あるかないかまでは判断できるはずなので、場合によっては解釈が入るにしても、十分、ピュアエビデンスに近いもののはずです。この水準のデータを整備する必要があります。

野口:そうですね。

北川:そこが充実すれば、それ以外の加工 データ、つまり特定の研究者の考えが含ま れるデータや、ある基準によって分類した 区分というのは、別のデータとして分けて おいて、いつでもリンクはできるようにし ておくという工夫をしておくのがいいのか なと思います。

野口:本当にその通りだと思います。ただし、それをプロジェクトメンバー全員の了解のもとに進めるのが、難しいので、最初は橋渡しのできる人に何人か集まってもらって、データベースのここからここまでは純度の高いピュアデータ、ここからここまではある基準が有効である限りにおいては変わらないデータ、ここからここまではか

なり解釈要素が入っていますということを 議論するのがいいと思います。

北川 理系の研究者は、二次データをデータベースにリンクできるようにするということは、論文が出ているということを意味します。それ以外のことでは、リファレンスがない限りは、絶対にリンクしません。

近藤:そこから、そのデータベースは誰の 成果かという、次の問題になっていきます。 データベースを作るときに価値判断をする 場合には、それを業績として認めずに、発 表する前にほかの人に使わせるとなったら、 とんでもないことになるわけです。

北川:価値判断が入っているデータベース を使う権利は誰にあるかということですね。

近藤: 例えば、遺跡の経緯度を拾うという 作業は、業績という観点では、研究上の作 業ではあるけれども、それをやったことに 対する権利を主張するのはいかがなものか と思うのです。

北川:つまりそれは、データの価値と、データベース自体の価値は違うということなのではないかと思います。

近藤:私もその通りだと思います。

野口:人文系では、アーキビストとかインフォマティクス[情報工学]といった概念が希薄なので、そこに寄与したことの評価が高くならない傾向があります。データジャーナルも普及していないので、解釈をつ

けて、アーティクル(論文)に仕上げない と成果と見なされません。そのため、論文 刊行に持ちこむまでは抱え込んで出したく ないという、そういう思想になってしまう のです。

北川:その点に関して、理系はドライですよ。とても時間をかけて、みんなで協力して作ったモデルやそのアウトプットなんかも、データベースにぽんと置くことがあります。それでも、データの特性を根本的に理解していないと、作った人以外は使えない、ということはあります。

近藤:だから、全貌を見るためには、データを持ち寄る人が必要ですね。

北川:持ち寄ってくる人はいるとしても、結局、専属のデータマネージャーでもいないとデータを使えないです。データベースを作った人の取り分は、みんな持ち込んできたデータが全部、自分の使える財産になるということです。そこでクリエイティブな議論をする。しなかったら、その人はせっかくのチャンスを捨てていることになります。

近藤:そこで、今がチャンスなんですよということをデータの作り手にわかってもらうことが大切ですね。

野口:その通りです。

近藤: そのチャンスは逃げていってしまう ということも。 野口:その通りです。

近藤:ここは大事なところで、考古学は伝統的にモノを扱っていて、モノはずっと残るから、チャンスは自分が持っている限りずっとあると考える傾向があるように見受けられます。しかし、データは、これからはインターネットで誰でも使えるようになるので、鉄は早いうちに打て、というよりも、すぐ打て、という感覚が必要です。

野口:そう、鮮度がもつのは短いということですね。

北川:データベースが使われて有名になれば有名になるほど、作った人たちの評価がどんどん上がっていくというのが理想です。

野口:まだ、このような仕事が、文系全般でほぼ皆無なので、最初にそれに取り組む人というのは、評価ゼロからスタートしなければいけません。それが評価されるかどうかという不安がずっとあり続けます。でも、パレオアジアだったら5年かけて成果を出すという理解を、5つの班があらかじめ共有しているので、共有には絶好の場ですよね。

近藤: 今はプロジェクトのスタートの段階で、自然科学の方が考えるデータベースと、 人文科学の方が考えるデータベースが違って、そのために共有ができない部分が必ずあるはずです。

北川:データベースのコアになる部分とい うのは、共有できる部分のことです。 近藤:そうです。だから共有できるところ を共有しましょうという発想でいきます。

北川:コアになるのはピュアな部分で、余 分な情報は入ってないほうがやりやすいで す。

近藤:それで、コアになる部分は誰でも使えるフォーマットで、データセットとしてシェアできる状態にしましょうということになって、それを実現するには FileMakerより SQL のほうがいいだろうという結論になると思いますね。

北川:インターフェースの表向きは全く変えずに使っていけるから、システムはどうでもいいのですが、誰が取っても同じピュアデータの部分と、ある種の思想・考え方が入った二次加工データをクリアに分けることが大切です。理系の人間が文系のデータを使わせてもらうときには、そこがクリアでなかったら怖くて使えません。

近藤:このこと、よく肝に命じておきます。

野口:この問題は、パレオアジアに限らず、 今、文系全般、考古全般が直面している状 況ですよね。このままだともう、取り残さ れていってしまいそうです。

北川:世界的にはもう、こういうふうに動いているのではないですか。

近藤:はい、その通りです。

北川:実を言うと理系にだって、初めはいろいろデータベースのかたちがあったのですが、結果として、やはりシンプルなかたちにしていきましょうということになりました。シンプルでなければ使えないでしょう。使わなかったら、ごみでしょう、ということです。

近藤:そう。

北川:使う(笑)

近藤:そのことが実は根本なんですよね。 集めることに意義があるのではなくて、使 うことに意義があるのです。

野口:使うことに意義がある。

北川:使うには、慣れが必要ですよ。

近藤:使い方に慣れてもらうために、最初 はプロジェクトでちゃんと話し合って、サ ポートをする体制を取りましょう。

北川: データベースを使いやすいようにする、インターフェースの部分は、外注でもいいんですよ。

野口:使い勝手の部分に関しては、各ディシプリン(研究分野)の専門家がアドバンテージを持っていますよね。だから、もしかしたら、A03 班の環境の研究者の中には、5 年後には考古のデータを使いこなせるようになる人が出てくるもしれないけれども、スタート時点ではやっぱり考古の人じゃないと考古のデータを管理できないわけです

よね。そのためにみんな専門家として、プ ロジェクトに呼ばれているわけだから(笑)。 だから、そこで考古の側で妙に囲い込まな いで、環境学の人は考古学の人がいないと、 データ使えないんです、その代わり、環境 のことは考古のあなたにできないでしょう、 近藤:はっきりデータセットと割り切るこ という役割分担でいいんですよね。

北川:そこを無理して欲張って一つにしよ うなんてすると、スーパーマンが必要にな ってくる。

野口: そうです。 そうそう。

近藤:そのスーパーマンに依存すると、そ のスーパーマンがスーパーマンじゃなかっ たときに、だいぶ問題になる(笑)

北川:10年たったら、スーパーマンはスー パーマンでなくなっちゃう(笑)、

野口:本当、今の時代そうですよね。

北川:システムにしても、私が若い頃は電 子版のデータベースを、ほとんど持ってい なくて、みんなカード型のデータベースを 使っていました。でも今は、カード型はお ろか、リレーショナルデータベースすら知 らない学生もいます。

近藤: リレーショナルの原理を知らなくて もいい時代になりましたね。SQLですら、 Google あたりはもう使っていないので。

北川:だから、インターフェースを作るの は別の問題。これは分野ごとに作らなくて

はなりません。データを作るのが研究者の 仕事であって、データをどんどん入れてい く、その代わり特殊な加工をしないという ことが前提です。

とが大切なんですね。

北川:データセットが骨組みにリンクして いるというだけのことです。

近藤:その発想に転換してやってみると、 意外とすっきりするかもしれません。デー タベースっていうものに対する意識が全く 違ってきます。これはデータの集合なんで すということに。

北川:それで、データを検索するのに SQL が便利なわけです。

近藤:データの集合体の中を自在に検索し て、必要な情報を取ってくる。そのために、 SQL でリンクさせるんですよ、という説明 にすれば、データベースの構想がとてもク リアにまとまるような気がします。

野口:プロジェクトの1年目でここまで議 論できましたので、2年目に向けて、

北川:プロジェクトにデータベースに関心 ある人が何人かいると思うから、シンポジ ウムなんかやってもいいかもしれない。

近藤: そこで言いたいことをわーっと言う。

野口:そうそう。

北川:それが一番有効かもしれませんね。

近藤: そうなんですよ。だから、このテーマで研究大会のシンポジウムを企画するぐらいの感じで。

北川: 私のデータはこうです。近藤さんの データはこうです。野口さんのデータはこ うです。若野さんのところ [B02 班] はこ うですと。

近藤: そろそろお時間です。ありがとうご ざいました。

# 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

近藤康久 (総合地球環境学研究所研究基盤国際センター)

現在のアラビア半島南東部は乾燥気候が卓越しているが、後期更新世の海洋同位体ステージ MIS 5(13~7.4万年前)と MIS 3(6~3万年前頃)には、インド洋モンスーンが勢力を拡大して、多雨湿潤な時期が複数回あった (Parton et al., 2013; Jennings et al., 2015)。多雨期の1つであった12万年前に遡る両面加工石器がハジャル山脈の山麓地域に位置するジェベル・ファヤ岩陰で発見された(図1のFAY-NE1; Armitage et al., 2011)。オマーン南部ドファール地方でも、10万年前と推定される剝片石器群(ヌビアン・コンプレックス)が採集されている(図

1の Aybut Al Auwal; Rose et al., 2011)。同様に、筆者らのチームも、2013年にオマーン内陸部イブリ地区で遺跡分布調査を実施し(Kondo et al., 2014)、東アフリカからドファール地方にかけて存在が確認されている中期旧石器(ヌビアン・コンプレックス)に類する石器群と、時期不詳の大型剝片石器群(ネジド・レプトリシック)を発見した。これらは、現生人類ホモ・サピエンスが東アフリカから南アジア方面へ移住した経路として推定されている「出アフリカ南回りルート」の証拠として注目される。



図 1: アラビア半島南東部の旧石器遺跡(赤) と調査地区(黄)

衛星リモートセンシングにより、サウジアラビアの砂漠地帯に旧河道と湖跡が多数同定されたこと(Breeze et al., 2015)や、古気候-人口モデルの早期拡散シナリオ(Timmermann and Friedrich, 2016)も、上記の証拠と整合的である。しかし、この地域において、変動する自然環境の中で人類がどのようなプロセスを経て定着していったかということは、国際的にみてもいまだ研究の途上にある。

そこで、アラビア半島南東部のインド洋 モンスーンの影響を受ける文化生態地理圏 を「モンスーンアラビア」ととらえ、下記 のリサーチ・クエスチョンに取り組むこと を通して、この地域における後期更新世の 自然環境と人類の定着プロセスの再評価を 試みる。

どのような物質/状況証拠があれば定 着したといえるか?

- 衛星リモートセンシングにより、サウジア ・ ホモ・サピエンスはいつアラビア半島 ラビアの砂漠地帯に旧河道と湖跡が多数同 に定着したのか?
  - ホモ・サピエンス定着期のアラビア半 島の自然環境はどうだったか?
  - 乾燥-半乾燥変動帯における人類の定着/遊動にはどのような特徴があるか?

#### 予備調査

2016 年 12 月にオマーン内陸部アッダー ヒリーヤ行政区ニズワ市周辺(図 1)において遺跡探索を行なった。その結果、ハジャル山脈南麓の石灰岩峡谷に洞穴・岩陰が多数存在するという見通しが得られた(図 2、図 3)。今後数年は、この地域での洞穴・岩陰遺跡の探索を行ない、良好な考古学的堆積を持つ遺跡が発見され次第、試掘調査に取りかかる予定である。

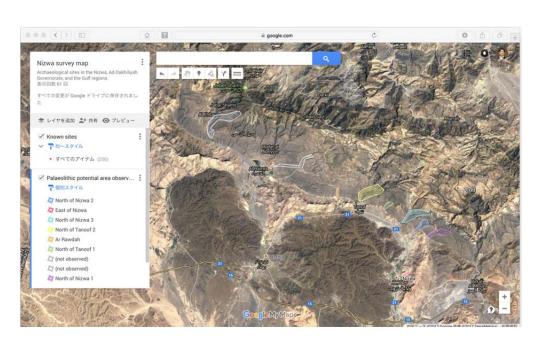


図 2: ニズワ地区ハジャル山脈南麓の峡谷の位置



図 3: オマーン・タヌーフ付近の渓谷の一つ(撮影:野口 淳)

### 【文献】

Armitage, Simon J., Sabah A. Jasim, Anthony E. Marks, Adrian G. Parker, Vitaly I. Usik, Hans-Peter Uerpmann (2011) The southern route "Out of Africa": evidence for an early expansion of modern humans into Arabia. Science 331: 453–456. doi: 10.1126/science.1199113.

Breeze, Paul S., Nick A. Drake, Huw S. Groucutt, Ash Parton, Richard P. Jennings, Tom S. White, Laine Clark-Balzan, Ceri Shipton, Eleanor M. L. Scerri, Christopher M. Stimpson, Rémy Crassard, Yamandú Hilbert, Abdullah M. Alsharekh, Abdulaziz Al-Omari, and Michael D. Petraglia (2015) Remote sensing and GIS techniques for

reconstructing Arabian palaeohydrology and identifying archaeological sites. Quaternary International 382: 98–119. doi: 10.1016/j.quaint.2015.01.022.

Jennings, Richard P., Joy Singarayer, Emma J.
Stone, Uta Krebs-Kanzow, Vyacheslav
Khon, Kerim H. Nisancioglu, Madlene
Pfeiffer, Xu Zhang, Adrian G. Parker, Ash
Parton, Huw S. Groucutt, Tom S. White,
Nick A. Drake, Michael D. Petraglia (2015)
"The greening of Arabia: Multiple
opportunities for human occupation of the
Arabian Peninsula during the Late
Pleistocene inferred from an ensemble of
climate model simulations." Quaternary

International 382: 181–199, doi: 10.1016/j.quaint.2015.01.006.

Kondo, Yasuhisa, Tara, Beuzen-Waller, Takehiro Miki, Noguchi Atsushi, Stéphane Desruelles, and Éric Fouache (2014) Geoarchaeological survey in the Wādī al-Kabīr basin, Wilāyāt Ibrī, Oman: a preliminary report. Proceedings of the Seminar for Arabian Studies 44: 227–234.

Parton, Ash, Andrew R. Farrant, Melanie J. Leng, Jean-Luc Schwenninger, Jeffrey I. Rose, Hans-Peter Uerpmann, and Adrian G. Parker (2013) An early MIS 3 pluvial phase in Southeast Arabia: Climatic and archaeological implications. Quaternary

International 300: 62–74. doi: 10.1016/j.quaint.2013.02.016.

Rose, Jeffrey I., Vitaly I. Usik, Anthony E. Marks, Yamandu H. Hilbert, Christopher S. Galetti, Ash Parton, Jean Marie Geiling, Viktor Černý, Mike W. Morley, and Richard G. Roberts (2011) The Nubian Complex of Dhofar, Oman: An African Middle Stone Age industry in Southern Arabia. PLOS ONE 6 (11): e28239. doi: 10.1371/journal.pone.0028239.

Timmerman, Axel and Tobias Friedrich, 2016. Late Pleistocene climate drivers of early human migration. Nature 538: 92–95. doi: 10.1038/nature19365.

# 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

長谷川 精(名古屋大学博物館)

モンゴル北東部のサルヒット人類化石遺跡やモンゴル北部のドロルジ遺跡などで、上部旧石器時代の遺跡発掘調査が進められている(計画研究 A02 研究分担者 出穂氏・中沢氏)。サルヒットで産出した頭骨化石は現生人類であることが確認され、炭素 14年代測定の結果 28,811-27,923 cal BP と報告されている(Kaifu and Fujita, 2012)。また上部旧石器時代初期の石器群も発見され、モンゴルにおいて 45,000-40,000 cal BP に遡って現生人類の居住地域が存在した可能性も示

唆されている。モンゴルにおける上部旧石 器時代の環境及びその変動を明らかにする ことは、当時この地域で生活を営んだ現生 人類の生活様式や居住環境を考察する新た な情報を提供するものである。

本年度は、モンゴル北部の上部旧石器時代遺跡に近接する地域(図1)の湖およびレス古土壌堆積物を研究対象として、当時の環境の詳細な復元目的とし、次の3つの野外調査を実施した。

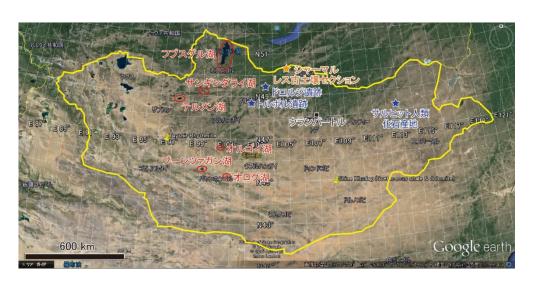


図1: モンゴルの上部旧石器時代の遺跡(青字)と、本研究で調査対象としている湖(赤字)とレス古土壌セクション(橙色字)







図 2: モンゴル北西部のテルメン湖・サンギンダライ湖で実施した水質調査と湖底表層 堆積の物採

### 1. モンゴル北西部のテルメン湖・サンギン ダライ湖の水質調査(2016年7月10日~ 20日)

年稿堆積物(堆積の季節変化が保持され、1年ごとにラミナを形成する堆積物)は、高精度の年代編年が可能であり、高い時間分解能の古環境復元の格好の試料である。時には、1年あるいは季節ごとの環境変動が得られ、気候学的、人類史学のブレークスルーとなりえる(例えば、Wollfetal., 2011; Kitagawa, 2012; Nakagawa et al., 2012)。年稿堆積物に着目した研究の歴史は浅く、アジア内陸域において年稿堆積物に着目した研究は未だほとんど着手されていなく、モンゴルにおいては皆無である。

年編堆積物が形成される湖の条件、地形的な特徴(湖面積に対して十分な水深を持ち湖底還元層が発達; Zolitschka et al., 2015)と湖周辺の植生(貧栄養のステップではなく、タイガなどの植生)の二点を考慮して、モンゴル北西部の2つの湖(テルメン湖、サンギンダライ湖)の調査を実施した。これらの湖で夏季の最高温期に湖水質調査と湖底表層の堆積物採取を行い、湖底還元層が発達すること、年縞と考えられるラミナが形成されていることを確認した(図2)。今後、<sup>210</sup>Pb年代測定法、<sup>14</sup>C年代測定、年縞の微細構造解析を行い堆積物に認められ

たラミナが年縞であることを確認、高い解 像度で古環境変遷を復元する予定である。

### 2. モンゴル北部のシャーマル地域のレス古 土壌セクションでの OSL 年代測定用試料 採取と出穂氏・中沢氏(計画研究 A02)の 考古調査(2016 年 9 月 19 日~21 日)

モンゴル北部のシャーマル地域には、最 終氷期まで遡るレス(風成塵)と古土壌の 互層からなる堆積物の露頭(シャーマルセ クション)が広く分布している(図3)。ま た、シャーマル地域を含むモンゴル北部お よびバイカル湖周辺にはレス・古土壌堆積 物が広く分布している (Muhs et al., 2014)。 これらのレス・古土壌堆積物には、偏西風 ジェット気流の寒帯前線側の流路が変化す ることに伴う環境変動を記録している可能 性がある。シャーマルセクション中下部か らは 21.010 cal BP の <sup>14</sup>C 年代が得られてい る(Feng and Khosbayar, 2004)。今回の調査 で、シャーマルセクション下位の層準 (SHM-North section) でもレス古土壌が連 続して堆積している可能性が明らかになっ た。そこで、OSL 年代測定用の 6 試料を 9 月下旬に採取し、田村亨氏(A03 班分担者) により OSL 年代測定を進めている。その結 果から 3~4 万年前より前の堆積物であるこ とが確認されれば、モンゴルの上部旧石器 時代の環境変動の解明に有力な情報を与えるものと考えられる。次年度以降に同地域の詳細な古環境復元を進める予定である。

### 3. モンゴル南西部のオログ湖・オルゴイ湖 でのボーリング掘削(2017 年 1 月 16 日~ 26 日)

2017年1月には、モンゴル南西部のオロ グ湖・オルゴイ湖において湖底堆積物の採 集を行った。モンゴルは冬季の気温が氷点 下30~40℃まで低下するため、湖水表層は1 m以上の厚さで結氷する。凍結した湖上に ボーリング機器(総重量約11トン)を設置 して、ボーリング掘削を実施することで、 湖底堆積物を欠損なく連続的に採取することに成功した(図 4)。Lehmkuhl et al. (2015, INQUA で発表)の報告では、オログ湖の湖底下 13m の堆積物の年代は、約 3 万 4 千年前とされ、本研究で採集した湖底下 24m までの堆積物(2 つのボーリング穴から計45m を掘削)には、約 6~7 万年前までの堆積物記録が残されていることが期待できる。次年度以降、採取した湖底堆積物コアの高い時間分解能での化学分析(μXRF コアスキャナー)や <sup>14</sup>C 年代測定を名古屋大学や高知大学の設備を用いて行い、過去 6~7 万年間のアジア中緯度域の詳細な古気候変動の復元を行う予定である。

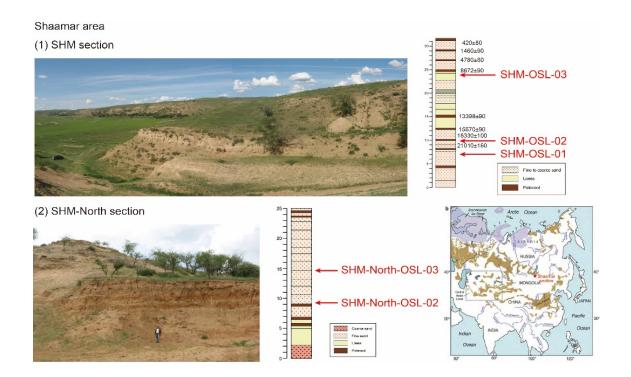


図3:モンゴル北部のレス古土壌セクションでの調査風景と OSL 年代測定試料の採取



図4:モンゴル南西部オログ湖で2017年1月に行った凍結した湖上からのボーリング掘削

#### 4. おわりに

モンゴルは典型的な大陸気候帯に位置 する。最終氷期以降の大陸気候の長期変動 については十分な解明がされていないが、 他の地域より空間的・時間的に大きな変動 が引き起こされてきたと考えられている。 従来説では、モンゴルの気候変動は、中国 周辺地域と同じく東アジアモンスーンの 変動(グリーンランド氷床コアから復元さ れた気候変動と大まかに同期する) により 引き起こされるとされていた。しかし、こ の 10 年間の気候変動復元データの蓄積に より、東アジアモンスーンの変動より偏西 風の流路変化の影響を受け、中国周辺地域 の気候変動と非同期である証拠が報告さ れている (例えば、Wang and Feng, 2012)。 グリーンランド氷床コアからの気候変動 復元データを人類史(あるいは、ホモ・サ ピエンスの歴史)の解釈に利用するには、 この点を考慮する必要があるのではない か。アジアの大陸気候の長期環境変動の実 態を探ることは、北方アジアにおける現生 人類の生活様式、ホモ・サピエンスの移住 の「北廻りルート」などの理解を深めるた

めに早急に取り組む必要がある。モンゴル 南西部のオログ湖・オルゴイ湖でのボーリ ング掘削試料の各種分析を行うことで、最 終氷期以降のアジアの大陸気候の変化の 詳細が解明されると考えている。

### 【文献】

Feng, Z., Khosbayar, P. (2004) Paleosubarctic Eolian environments along the southern margin of the North American Icesheet and the southern margin of Siberia during the Last Glacial Maximum. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 212, 265–275.

Kaifu, Y., Fujita, M. (2012) Fossil record of early modern humans in East Asia. Quaternary International 248, 2–11.

Kitagawa, H. (2012) Lacustrine varve counting as a dating technique: advantages and disadvantages. In: The Oxford Handbook of Wetland Archaeology, edited by F. Menotti & A. O'Sullivan, 635–645. Oxford: Oxford University Press.

- Muhs, D. R., Prins, A., Machalett, B. (2014) Loess as a Quaternary paleoenvironmental indicator. PAGES MAGAZINE 22, 84–85.
- Nakagawa T., Gotanda, K., Haraguchi, T., Danhara T., Yonenobu, H., Brauer, A., Yokoyama, Y., Tada, T., Takemura, K., Staff, R. A., Payne, R. (2012) SG06, a fully continuous and varved sediment core from Lake Suigetsu, Japan: stratigraphy and potential for improving the radiocarbon calibration model and understanding of late Quaternary climate changes. Quaternary Science Reviews 36, 164–176.
- Wang, W., Feng, Z. (2013) Holocene moisture evolution across the Mongolian Plateau and

- its surrounding areas: A synthesis of climatic records. Earth-Science Reviews, 122, 38–57.
- Wolff, C., Haug, G. H., Timmermann, A.,
  Sinninghe Damsté, J. S., Brauer, A., Daniel
  M. (2011) Reduced Interannual Rainfall
  Variability in East Africa During the Last
  Ice Age. Science 333, 743–747.
- Zolitschka, B., Francus, P., Ojala, A. E. K., Schimmelmann, A. (2015) Varves in lake sediments a review. Quaternary Science Reviews 117, 1–4.

# ベトナム中部高原地帯の プレイク火山地帯の火口湖堆積物の採集

北川浩之(名古屋大学宇宙地球環境研究所) 藤木利之(岡山大学理学部)

田村亨 (産業技術総合研究所地質情報研究部)

Trinh Ngoc Tuyen・Dang, Pong Xuan (ベトナム科学技術アカデミー地理研究所)

#### はじめに

2017年2月28日~3月16日、ベトナム中央高原プレイク火山地域の火口2地点で堆積物の試料採集調査を実施した。ここでは、試料採集の目的及び掘削調査について報告する。

### 初期現生人類が大陸東南アジアに移住した 時代の気候

アフリカ起源の初期現生人類(ホモ・サ ピエンス)の中国南部および東南アジア(タ イ・カンボジア・ラオス・ベトナム地域、 以後「大陸東南アジア」という。図 1) へ の移住が、考古学・古遺伝学・古人類学デ ータから 6 万年前に遡ることが示唆されて いる (Macaulay et al., 2005)。最近、ラオス・ Tam Pa Ling's 洞窟(20° 12' 31.4"N, 103° 24' 35.2"E, 標高 1170 m) で発見された現生人 類の頭蓋骨化石は、初期現生人類が 63~46 ka には大陸東南アジアに移住した証拠を与 えている (Demeter et al., 2012)。また、中国 南部同県の福岩洞(Fuyan Cave, 25°39' 02.7"N, 111° 2' 49.2"E; 標高 232 m) では、 少なくとも 80 ka 以前にこの地域に解剖学 的には現生人類と考えられるヒトが居住し

ていたことを示す証拠が報告され、さらに、この年代は120 ka までさかのぼる可能性も否定できないと論じられている(Liu et al., 2015)。当時の大陸東南アジアの気候やその変動を探ることは、該当地域への現代人類の初期移住についての理解を促すものである。

### 大陸東南アジアの気候変動

大陸東南アジアの気候は、アジアモンスー ン(インド洋モンスーン・東アジアモンス ーン) の影響を強く受ける。本地域に降水 をもたらす夏季アジアモンスーンは、エル ニーニョ・南方振動、インド洋ダイポール モード現象 (Yasunari, 1990; Webster and Yang, 1992; Torrence and Webster, 1999; Wang, 2006; Singhrattna et al., 2005; Goswami and Xavier, 2005)、大西洋深層循環変動 (Yu et al., 2009)、熱帯収束帯の位置 (Chao and Chen, 2001)、東太平洋における海面水温偏差 (Goswari et al., 1999; Chen and Yoon, 2000; Wang et al., 2003; Nguyen et al., 2014) などの 地球規模あるいは局地的規模の気候変動と 複雑に応答し、本地域の気候変動(特に、 降水変動) は最先端の気候モデルを用いて



図 1: 大陸東南アジア。ベトナム中央高原 プレイク火山地帯(調査地域: PVF)と過 去 3 万年間の気候復元データが得られて いる 15 地点 (Cook and Jones, 2012) を示 す。1: Nong Thale SongHong (Maloney, 1999; Kealhofer, 2003; White et al., 2004), 2: Go GaoMieu (Proske et al., 2011), 3: Tonle Sap (Penny, 2006), 4: Lake Kara (Maxwell, 2001), 5: Nong Pa Kho (Penny, 2001); 6, NongHan Kumphawapi (Kealhofer and Penny, 1998; White et al., 2004), 7: QiluHu (Brenner et al., 1991; Hodell et al., 1999), 8: XingyunHu (Hodell et al., 1999), 9: Caohai (Sun et al., 1986), 10: Erhai (Shen et al., 2006; Tareq et al., 2011), 11: XiHu (Lin et al., 1986), 12: Lake Shudu (Cook et al., 2011, 2012), 13: Lake Shayema (Jarvis, 1993), 14: Lake Naleng (Kramer et al., 2010a,b,c), 15: Lake Ximencuo (Zhang and Mischke, 2009)

も詳細を再現することは困難である(Turner and Annamalai, 2012)。過去のアジアモンーンの変動の復元にむけた実証的研究が行われてきた。アジアモンスーンの長期変動は、中国内陸部のレス堆積物(例えば、An et al., 1990; 1991)、洞窟堆積物(Wang et al., 2001)、

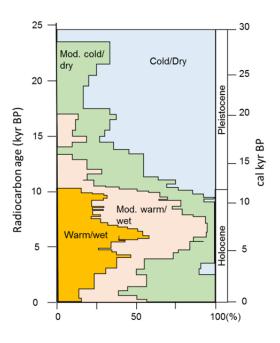


図 2:大陸東南アジアの 13 地点 (図 1 参照) からの過去 2 万 5 千年間の気候復元 データのコンパイル (Cook and Jones, 2012 を一部改変)。

樹木年輪 (Cook et al., 2010; Shao et al., 2010)、 湖沼堆積物 (An et al., 2011; Xiao et al., 2004; 2008)、海洋堆積物 (Clemens and Prell,ス 2003; Wang et al., 1999; Wehausen and Brumsack, 2002) などに記録されている。過 去 3 万年間に関しては、大陸東南アジアの 編年が比較的よく確立されている気候変動 復元データ(15地点、図1)がまとめられ (以後、「古気候コンパイルデータ」とい う。)、後期更新世には現在より寒冷・乾燥 した気候で現在であったこと、ハインリッ ヒ・イベントやヤンガードリアスといった 急激な気候イベントと同期した気候変化が 見られないこと (注:気候変動復元データ の分解能や編年の曖昧さから、短期の気候 変動が捉えられていない可能性も否定でき ない)、更新世から温暖で湿潤な完新世の移 行期(11.5 cal BP)にアジアモンスーンが活



図3:ベトナム中央高原プレイク火山地帯の火口の分布。オレンジは乾季に陸化、ブルーは1年間を通して滞水している火山湖

発になったという従来からの通説が確認された(Cook and Jones, 2014; 図 2)。しかし、3万年前以前の気候復元研究は非常に限られ、現状では研究者間で共通した見解を得るに至っていない。初期現生人類が大陸東南アジアに移住したとされる最終間氷期以降~約5万年前の気候や植生の解明は、気候学的にも人類史の理解の観点から今後取り組んでいくべき重要な研究課題である。

### ベトナム中部高原地帯に分布する火口堆積 物

ベトナム中央高原はアジアモンスーンの 影響を強く受ける地域である(Wang and Lin, 2002; Chen and Yoon, 2000; Conroy and Overpeck, 2011)。インド洋モンスーン及び 東アジアモンスーンの強弱により、とりわ け夏季の降水が変化する (Nguyen et al., 2004; 2007; 2014)。ベトナム中央高原の Pleiku/Buon MêThuot 地域には、火口湖・火 口湿地が多数分布している(図3)火口湖 の多くは閉塞湖であり、過去の気候変動や 大気環境の変化についての情報が乱される ことなく、連続的に記録されていることが 予想される。Pleiku 地域の主な火山活動は、 2.4-0.2 Ma (Novikov et al., 1989; Lee et al., 1998; Hoang, 2005)  $\geq 0.4$ -0.2 Ma (Quoc and Giao, 1980; Hoang and Han, 1990; Hoang et al., 1996; Hoang, 2005) と考えられ、Buon Mê Thuot 地域の火山活動期は、8.7-5.5 Ma、8.7-4 Ma、<2-0.3 Ma と考えられている。 現段階 では、Pleiku/Buon Mê Thuot 地域に分布する 各火口の形成年代については明らかでない が、これらの火口堆積物には、過去10万年 ~数百万年間の環境変動が記録されている 可能性がある。

### ベトナム中部高原地帯の火口湖堆積物の掘 削調査の概要

ベトナム中部高原地帯の火口湖の第 1 次調査は 2013 年~2016 年に、日本学術振興会・二国間交流事業 (共同研究)「東南アジアの気候災害被害の低減にむけたベトナム湖沼堆積物からの古洪水の探求」(日本側代表:北川浩之、ベトナム側代表:Dang, Phong Xuan) の1つの研究課題として、ベトナム科学技術アカデミー地理研究所と連携して実施した。本プロジェクトでは、Pleiku 火

山地域の火口(雨季には耐水し、乾季には 農作地として利用されている)の外縁湿地 で、ロシアン式ピートサンプラーを用い、 表層から7mの堆積物コアを試験的に採集 し、炭素14年代測定や各種地球化学的・堆 積学的な分析を実施した。その結果、7m の深度での年代は約1万3千年前(深度 688-690cmで、13385-13135cal BP)であり、 完新世及び更新世末期の気候変動復元を行い、古気候コンパイルデータと整合的な結 果が得られた。大陸東南アジアの気候変動 を探るうえで、ベトナム中部高原地帯の火 口堆積物の分析が有効である確信を得た。

第1次調査の結果を踏まえ、2017年2月28日~3月18日に第2次調査を実施した(図4)。試料採集は、第1次調査で試料採集を行った火口より規模が大きく、機械式掘削装置の搬入が可能な地点で行った。地点1では深度7.9m(試料番号、PLK17-4)、地点2では、1.1m(PLK17-1)、13.3m(PLK17-2)、11.45m(PLK17-3)まで機械式ボーリング装置で掘削した。地点2からの3つの掘削穴からの試料(PLK17-1、PLK17-2、PLK17-3)の層序対比を行い、試料採集が不完全な層を相互補完して連続な記録を得る予定である。

採集した試料の堆積層の一次記載・写真 撮影を現地で行い、日本への輸送が可能な ように梱包作業を行った。年代測定は次年 度に実施する予定であり、現段階ではどの 時代までさかのぼれるか明らかではないが、 一次調査で確認された完新世の有機質に富 んだ地層の下層に数メートルの湖成層(今 後の堆積学的な検討が必要)が確認された ことから、2次調査で採集した試料から最 終氷期の気候変動復元が期待でくいる。

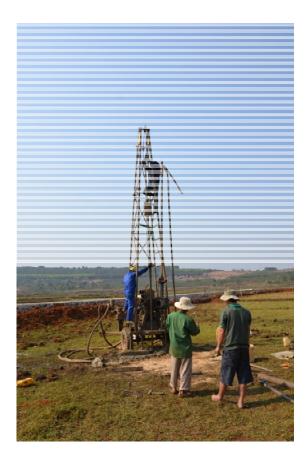


図 4: ベトナム中央高原 Pleiku 火山地域の 火口 (Site 2) での堆積物の採集 (2017 年 3 月 3 日撮影)。現在、乾季には放牧地・畑作 地として利用。堆積物の掘削は、ベトナム 天然資源・環境省地質調査部北部中央高原 地下水資源研究所 (Ground Water Resource of North Central High Land, Department of Geological Survey, Ministry of Natural Resource and Environment) によって実施さ れた。

次年度以降、堆積物中に含まれる植物片の炭素 14 年代測定を実施し信頼できる編年を行うとともに、堆積学的・地球化学・同位体分析・花粉分析等を進め、大陸東南アジアの最終氷期の気候変動や植生変動の詳細を復元する予定である。

#### 謝辞

Pleiku 火山地域での堆積物試料の採集に 関しては、ベトナム天然資源・環境省地質 調査部北部中央高原地下水資源研究所のス タッフに協力していただいた。また、試料 採集、堆積物の観察・一次記載・梱包に関 しては、岡山大学理学部の田島正博氏・千 田美穂氏に補助していただいた。この場を もってお礼申し上げます。

### 【対献】

- An, Z. S. (2000) The history and variability of the East Asian paleomonsoon climate. Quat. Sci. Rev. 19, 171–187.
- An, Z. S., Kukla, G. J., Porter, S. C., Xiao, J. (1991) Magnetic susceptibility evidence of monsoon variation on the Loess Plateau of central China during the last 130,000 years. Quat. Res. 36, 29–36.
- An, Z. S., Clemens, S. C., Shen, J., Qiang, X.
  K., Jin, Z. D., Sun, Y. B., Prell, W. L., Luo, J.
  J., Wang, S. M., Xu, H., Cai, Y. J., Zhou, W. J.,
  Liu, X. D., Liu, W. G., Shi, Z. G., Yan, L. B.,
  Xiao, X. Y., Chang, H., Wu, F., Ai, L., Lu, F.
  Y. (2011) Glacial-interglacial Indian summer
  monsoon dynamics. Science 333, 719–723.
- Brenner, M., Dorsey, K., Song, X., Wang, Z., Long, R., Binford, M. W., Whitemore, T. J., Moore, A. J. (1991) Paleolimnology of Qilu Hu, Yunnan Province, China. Hydrobiologia 214, 333–340.
- Chao, W. C, Chen, B. (2001) The origin of Monsoons. Journal of the Atmospheric Sciences 58, 3497–3507.
- Chen, T. C, Yoon, J. H. (2000) Interannual Variation in Indochina summer monsoon

- rainfall: Possible mechanism. Journal of Climate 13, 1979–1986.
- Clemens, S. C., Prell, W. L. (2003) A 350,000 year summer-monsoon multi-proxy stack from the Owen Ridge, Northern Arabian Sea. Marine Geology 201, 35–51.
- Conroy, J. L, Overpeck, J. T. (2011) Regionalization of present-day precipitation in the greater monsoon region of Asia. Journal of Climate 24, 4073–4095.
- Cook, C. G., Jones, R. T., Langdon, P. G., Leng, M. J., Zhang, E. (2011) New insights on Late Quaternary Asian palaeomonsoon variability and the timing of the Last Glacial Maximum in southwestern China. Ouaternary Science Reviews 30, 808–820.
- Cook, C. G., Leng, M. J., Jones, R. T., Langdon, P. G., Zhang, E. (2012) Lake ecosystem dynamics and links to climate change inferred from a stable isotope and organic palaeorecord from amountain lake in southwestern China (c. 22.6 10.5 cal ka BP). Quaternary Research 77, 132–137.
- Cook, C. G., Jones, R. T. (2012) Palaeoclimate dynamics in continental Southeast Asia over the last 30,000 cal yrs BP. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 339-341, 1–11.
- Demeter, F., Shackelford, L. L., Bacon, A. M,
  Duringer, P., Westaway, K.,
  Sayavongkhamdy, T., Braga, J.,
  Sichanthongtip, P., Khamdalavong, P,
  Ponche, J. L., Wang, H., Lundstrom, C.,
  Patole-Edoumba, E., Karpoff, A. M. (2012)
  Anatomically modern human in Southeast

- Asia (Laos) by 46 ka. Proc Natl Acad Sci U S A. 109 (36), 14375–14380.
- Goswami, B. N., Krishnamurthy, V, Annamalai, H. (1999) A broad scale circulation index for the interannual variability of the Indian summer monsoon. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 125, 611–633.
- Goswami, B. N., Xavier P. K. (2005) ENSO control on the south Asian monsoon through the length of the rainy season. Geophysical Research Letters 32, L18717.
- Hoàng, N. (2005) Source characteristics and melting conditions of Cenozoic basalts from Pleiku, south-central Vietnam. Journal of Geology Series A286, 15–22 (in Vietnamese with English abstract).
- Hoàng, N, Han, N. X. (1990) Petrochemistry of Quaternary basalts of the Xuan Loc area (South Vietnam). In: *Geology of Cambodia, Laos and Vietnam*. Geological Survey of Vietnam 2, 77–88.
- Hoàng, N, Flower, M. F. J, Carlson, R. W. (1996) Major, trace element, and isotopic compositions of Vietnamese basalts: interaction of enriched mobile asthenosphere with the continental lithosphere? Geochimica et Cosmochimica Acta 60, 4329-4351.
- Hodell, D. A., Brenner, M., Kanfoush, S. L., Curtis, J. H., Stoner, J. S., Song, X., Yuan, W., Whitmore, T. J. (1999) Paleoclimate of Southwestern China for the past 50,000 yr inferred from lake sediment records. Quaternary Research 52, 369–380.

- Jarvis, D. I. (1993) Pollen evidence of changing Holocene monsoon climate in Sichuan Province, China. Quaternary Research 39, 325–337.
- Kealhofer, L., Penny, D. (1998) A combined pollen and phytolith record for fourteen thousand years of vegetation change in northeastern Thailand. Review of Palaeobotany and Palynology 103, 83–93.
- Kramer, A., Herzschuh, U., Mischke, S., Zhang, C. (2010a) Holocene treeline shifts and monsoon variability in the Hengduan Mountains (southeastern Tibetan Plateau), implications from palynological investigations. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 286, 23–41.
- Kramer, A., Herzschuh, U., Mischke, S., Zhang, C. (2010b) Late glacial vegetation and climate oscillations on the southeastern Tibetan Plateau inferred from the Lake Naleng pollen profile. Quaternary Research 73, 324–335.
- Kramer, A., Herzschuh, U., Mischke, S., Zhang, C. (2010c) Late Quaternary environmental history of the south-eastern Tibetan Plateau inferred from the Lake Naleng nonpollen palynomorph record. Vegetation History and Archaeobotany 19, 453–468.
- Lee, T. Y., Lo, C. H., Chung, S. L., Chen, C. Y., Wang, L., Lin, W. P., Hoàng, N., Chi, C. T., Yem, N. T. (1998) 40 Ar/39 Ar dating result of Neogene basalts in Vietnam and its tectonic implication. In: Flower, M. F. J., et al. (Eds.), *Mantle Dynamics and Plate*

- Interactions in East Asia. Geodynamics Series, 27, American Geophysics Union, 317–330.
- Lin, S., Qiao, Y., Walker, D. (1986) Late Pleistocene and Holocene vegetation history at Xi Hu, Er Yuan, Yunnan Province, southwest China. Journal of Biogeography 13, 419–440.
- Liu, W., Martinón-Torres, M., Cai, Y., Xing, S., Tong, H., Pei, S., Sier, M. J., Wu, X., Edwards, R. L., Cheng, H., Li, Y, Yang, X., de Castro, J. M. B., Wu, X. (2015) The earliest unequivocally modern humans in southern China. Nature 526, 696–699.
- Macaulay, V., Hill, C., Achilli A., Rengo., C., Clarke, D., Meehan, W., Blackburn, J., Semino, O., Scozzari, R., Cruciani, F., Taha, A., Shaari, N. K., Raja, J. M., Ismail, P., Zainuddin, Z., Goodwin, W., Bulbeck, D., Bandelt, H. -J., Oppenheimer, S., Torroni, A., Richards, M. (2005) "Single, rapid coastal settlement of Asia revealed by analysis of complete mitochondrial genomes," Science 308, 1034–1036.
- Maloney, B. K. (1999). A 10,600 year pollen record from Nong Thale Song Hong, Trang Province, southern Thailand. Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association 18, 129–137.
- Maxwell, A. L. (2001) Holocene monsoon changes inferred from lake sediment pollen and carbonate records, Northeastern Cambodia. Quaternary Research 56, 390–400.
- Moneke, H. H. W. (1974) Silica, the three-dimensional silicates, borosilicates

- and beryllium silicates. In V.C. Farmer (ed) *The infrared spectra of minerals*. Mineralogical Society Monograph 4, Adlard & Son, Dorking, Surrey, 365–382.
- Nguyen, D., Uvo, C., Rosbjerg, D. (2007) Short communication: relationship between the tropical Pacific and Indian Ocean sea-surface temperature and monthly precipitation over the Central Highlands, Vietnam. International Journal of Climatology 27, 1439–1454.
- Nguyen, D. N., Nguyen, T. H. (2004) Climate and Climate Resources in Vietnam. Agricultural Publishing House: Hanoi, Vietnam; 296 (in Vietnamese).
- Nguyen, D.-Q., Renwick, J., McGregor, J. (2014) Variations of surface temperature and rainfall in Vietnam from 1971 to 2010. Int. J. Climatol. 34, 249–264.
- Penny, D. (2001). A 40,000 year palynological record from northeast Thailand: implications for biogeography and palaeoenvironmental reconstruction. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 171, 97–128.
- Penny, D. (2006). The Holocene history and development of the Tonle Sap, Cambodia. Quaternary Science Reviews 25, 310–322.
- Penny, D., Pottier, C., Fletcher, R., Barbetti, M., Fink, D., Hua, Q. (2006). Vegetation and land-use at Angkor, Cambodia: a dated pollen sequence from the Bakong temple moat. Antiquity 80, 599–614.
- Proske, U., Hanebuth, T. J., Groger, J., Diem, B. P. (2011). Late Holocene sedimentary and environmental development of the

- northern Mekong River Delta, Vietnam. Quaternary International 230, 57–66.
- Singhrattna, N., Rajagopalan, B., Kumar, K. K., Clark, M. (2005) Interannual and interdecadal variability of Thailand summer monsoon season. Journal of Climate 18, 1697–1708.
- Shen, J., Jones, R. T., Yang, X., Dearing, J. A., Wang, S. (2006). The Holocene vegetation history of Lake Erhai, Yunnan province southwestern China: the role of climate and human forcing. The Holocene 16, 265–276.
- Sun, X., Wu, Y., Qiao, Y., Walker, D. (1986) Late Pleistocene and Holocene vegetation history at Kunming, Yunnan Province, southwest China. Journal of Biogeography 13, 441–476.
- Tareq, S. M., Kitagawa, H., Ohta, K. (2011) Lignin biomarker and isotopic records of paleovegetation and climate changes from Lake Erhai, southwest China, since 18.5 ka BP. Quaternary International 229, 47–56.
- Torrence C, Webster P. J. (1999) Interdecadal changes in the ENSO monsoon system. Journal of Climate 12, 2679–2690.
- Turner A. G., Annamalai, H (2012). Climate change and the South Asian summer monsoon. Nature Climate Change 2, 587–595.
- Wang, B., Lin, H. (2002) Rainy season of the Asian-Pacific summer monsoon. Journal of Climate 15, 386-398.
- Wang, B., Wu R., Li, T. (2003) Atmosphere-warm ocean interaction and its impacts on Asian-Australian monsoon

- variations. Journal of Climate 16, 1195–1211.
- Wang, B. (2006) *The Asian Monsoon*. Springer/Praxis Publishing Co., New York, pp787.
- Wang, Y. J., Cheng, H., Edwards, R. L., An, Z. S., J. Y. Wu, J. Y., Shen, C. -C., Dorale, J. A. (2001) A high-resolution absolute-dated Late Pleistocene monsoon record from Hulu Cave, China. Science 294, 2345–2348.
- Wang, L., Sarnthein, M., Erlenkeuser, H., Grimalt, J., Grootes, P., Heilig, S., Ivanova, E., Kienast, M., Pelejero, C., Pflaumann, U. (1999). East Asian monsoon climate during the late Pleistocene: high-resolution sediment records from the South China Sea. Mar. Geol. 156, 245–284.
- Wehausen, R., Brumsack, H.-J. (2002) Astronomical forcing of the East Asian monsoon mirrored by the composition of Pliocene South China Sea sediments. Earth Planet. Sci. Lett. 201, 621–636.
- Webster, P. J., Yang, S. (1992) Monsoon and ENSO-selectively interactive systems. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 118, 877–926.
- White, J. C., Penny, D., Kealhofer, L., Maloney, B. (2004) Vegetation changes from the late Pleistocene through the Holocene from three areas of archaeological significance in Thailand. Quaternary International 113, 111–132.
- Wohlfarth, B., Wichuratree, K, Inthongkaew, S, Fritz, S. C., Blaauw, M, Reimer, P. J., Chabangborn, A, Löwemark, L, Chawchai,

- S. (2012) Holocene environmental changes in northeast Thailand as reconstructed from a tropical wetland. Global and Planetary Change 92-93,148–161.
- Yasunari, T. (1990) Impact of Indian monsoon on the coupled atmosphere ocean system in the tropical Pacific. Meteorology and Atmospheric Physics 44, 29–41.
- Yu, L., Gao, Y., Wang, H., Guo, D., Li, S. (2009). The responses of East Asian summer monsoon to the North Atlantic meridional overturning circulation in an enhanced freshwater input simulation. Chinese Science Bulletin 54, 4724–4732.
- Xiao, J., Xu, Q., Nakamura, T., Yang, X., Liang,W., Inouchi, Y. (2004) Holocene vegetation

- variation in the Dahai Lake region of north-central China: a direct indication of the Asian monsoon climatic history, Quaternary Science Reviews 23, 1669–1679.
- Xiao, J., Si, B., Zhai, D., Itoh, S., Lomtatidze, Z. (2008) Hydrology of Dali Lake in central-eastern Inner Mongolia and Holocene East Asian monsoon variability, Journal of Paleolimnology, 40,519–528.
- Zhang, C., Mischke, S. (2009) A Lateglacial and Holocene lake record from the Nianbaoyeze Mountains and inferences of lake, glacier and climate evolution on the eastern Tibetan Plateau. Quaternary Science Reviews 28, 1970–1983.

## 初めての海外調査:ベトナム中央高原プレイク 火山地帯の火口湖の掘削

千田美穂 (岡山理科大学理学部基礎理学科)

初めての海外調査は、北川先生、田村先生、藤木先生と同級生の田島くん、ベトナム人のフォン(Dr. Dang, Phong Xuan) さん、堆積物のコアリングをしてくださる現地の方々と協力して行うものでした。野外調査では力仕事で役に立つ事が出来ないことが悔しかったですが、私はサンプルの写真を撮ること、少しでも分かりやすく細かくメモを取るなどをしてコアリングからサンプリングまでの記録係を務めました。専門的な難しい用語が多く、一連の作業に慣れるまで時間がかかりましたが、新たな専門用語を学ぶ良い勉強の機会になりました。

今回のベトナム式サンプリングでは、コアリングの時にボーリング穴を水で洗いすぎて堆積物を引き上げる途中にサンプルが落ちてしまったり、スライム(採取目的の堆積物ではなく、ボーリング穴の崩壊による堆積物)が採取されてしまったりすることも多々ありました。堆積物の採取は容易でないことを実感しました。コアリングは、大変難しい作業であると感じました。

堆積物には、濃い灰色の有機物が豊富なシルト混じりの泥層 (dirk grey (DG) silt-clay と記載しました) と白っぽいシルト混じりの泥層 (G silt-clay, LG silty-clay) がありました。現在は、農作地として利用されている火口ですが、以前には湖が広がっていた可能性があるそうです。



ベトナム調査隊。写真の左より田村先生、 北川先生、田島くん、千田、藤木先生。 最終した堆積物試料 150 kg を、プレイク の郵便局からハノイのベトナムアカデミ 一地理研究所のフォンさんに宛に送りま した。郵便局の方々には親切に対応して いただきました。

火山噴出物層も確認され、火山の噴火の証拠が見つかりました。ベトナム中央高原プレイク火山地帯には沢山の火口があります。どの火山かはわかりませんが、今回の調査の火口が形成後にも噴火があったようです。

日差しの強い中頑張った調査後に食べる 御飯はとても美味しかったです。朝御飯や 昼御飯のベトナム料理のフォーやバインミ 一も美味かったです。夜は様々な料理が食 べられ大変楽しむ事が出来ました。ベトナ ム料理とは言えないかもしれませんが、ベ トナム炒飯は美味しかったです。日本とは 違って炊いた米に揚げた米が少し混ざって いて食感がカリカリしているので美味しい です。味は日本の炒飯に近いような落ち着いた味がします。また、料理には香草がよく使われています。最初は苦手でしたが、食べているうちにだんだん食べられるようになりました。香草は日本ではまず食べる

機会がないため、私にとって新鮮な経験でした。初めての海外調査でしたが楽しくて良い経験になりました。未熟な私に優しくして下さった先生方や現地の方々に心から感謝しています。ありがとうございました。

## 初めての海外がベトナム調査

田島正博 (岡山理科大学理学部基礎理学科)

初めての海外が約3週間のベトナム調査となり、海外の宿泊で必要な物と調査で必要な物が何なのか分からず準備から不安で憂鬱だった。藤木先生に「何か準備をしておく物は無いですか」と聞くと「自分で洗濯するのに粉洗剤があると便利」「プレイクは標高が高いため少し寒いかもしれない」と教えていただいた。しかし、最後には決まって「大丈夫!大丈夫!」と楽天的な返答が返ってくるため、自分を不安にさせるばかりだった。

前日には駅に近い藤木先生の家に泊めて もらい、午前4時20分発のバスで関西国際 空港に向かって出発した。空港では先生の 同行者として初めてラウンジを使用したが、 何をしていいのか分からず落ち着かなかっ たので、とりあえず並べてあったジュース とお菓子を口にした。初日は、日本からバ ンコク、バンコクからハノイに行き、ハノ イで一泊した。ハノイのホテルまではタク シーに乗ったのだが、まるでサーキットの ような運転で怖い思いを通り越して楽しか った。5 秒に1回程のペースでクラクショ ンの音が聞こえ、このベトナム調査で一生 分のクラクションの音を聞いたかと思う。 ハノイでの夕食は、海外での初めての食事 で不安と期待を膨らませ藤木先生の後をつ いて行くと、道端でやっている屋台に辿り 着いた。メニューも無くいきなり得体のし

れない草を出され、さらに牛肉と野菜の炒 め物とビーフンの炒め物とキュウリの漬物 が出てきた(写真)。これは食べて大丈夫か と不安だったが、これしか食べるものが無 いので仕方がないと腹をくくり食べると、 見た目よりも美味しくて驚いた。初日の夕 食が底辺から始まったのでその後の飲食店 は全て良く思えた。ベトナムの料理はどれ も安くて美味しかったが、床にゴミが捨て てあったり、ハエが飛んでいたりするのに は抵抗があった。フォーやブンチャーなど のベトナム料理をたくさん食べたが、1番 美味しいと思ったのはベトナム料理ではな くチャーハンだった。日本ではコーヒーを あまりは飲まないが、ベトナムでは毎日飲 んだ。

2 日目はハノイの旧市街を少し見て回ってからプレイクに向かった。プレイク行きの飛行機は、理由は分からないがなぜかビジネスクラスにアップグレードされた。おそらく最初で最後のビジネスクラスになるだろうと思いビジネスクラスを堪能した。プレイクに着いて思った事は「暑い」だった。「標高が高いため寒いかもしれない」と言われていたのでヒートテックを持って来ていたが、残念ながら彼らの出番は無かった。

3 日目から調査が始まると思っていたが、 午前中はプレイクを探索し、午後は調査地 と周辺のマールを見学して終了した。4日目からコアリングが開始されたが、土は現地の人達が掘るため、採取されたコアのパッキングや記録の作業以外はほとんど仕事がなく、日差しとの戦いだった。日焼け止めを持って来ていなかったため1日で真っ黒に日焼けした。初の調査で分からない事だらけだったが北川先生と田村先生が多くの事をご教授してくださり、とても勉強になり、楽しく調査する事ができた。コアリングしてくださる現地の人達は気のいり、強でコアリング調査が終了した日の打ち上げはとても楽しかった。

コアリングが終了すると採取した試料のサブサンプリングを行なった。最初は何をしていいのか分からなく、仕事の取り合いだったが、2日目からは役割分担ができ、作業効率が上がっていった。採取されたコアの確認と記載などをしながらパッキングをしていたが、強い日差しの中で作業を行っていたためか、怪しい試料が見つかった。通し番号をつけてリストを作成することで、その怪しい試料をしっかり確認し、どこにどの試料があるのかを把握できるようにした。サブサンプリングはコアリングを行った時の記憶が残っているうちに行うことが必要だと学ぶことができた。



ベトナムでの初めての夕食

サブサンプリングした試料を郵便局からハノイのベトナム科学技術アカデミー (VAST) の研究所に発送する際、みんなで協力してパッキングした段ボール箱は、中身を確認するために無残に開けられてしまい少し悲しい思いをした。しかし、郵便局の職員の方々が綺麗に再びパキングしてくださり安心した。発送をした後、記念に写真を撮りベトナムでの調査が終了した。

不安だったベトナム調査も先生方や周りの 人達が優しく接して下さったおかげで、ま た来たいと思える楽しい調査になった。次 また来る機会があればヒートテックの替わ りに日焼け止めを持って来ようと思う。

## 青森県出来島海岸の最終氷期埋没林調査

方雨婷(名古屋大学大学院環境学研究科) 野口真・藤木利之(岡山理科大学理学部) 北川浩之(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

青森県津軽半島の七里長浜出来島海岸の 出来島の北方の海食崖には、主に針葉樹の 材化石が含まれている(辻・伊藤,2001)。 「最終氷期埋没林」と呼ばれ、最終氷期の 植生や森林生態系を探る有力な手がかりと されている。

平成28年8月29日から9月1日に、出来島海岸の埋没林の分布調査、年代決定、 花粉分析を目的として、材化石や堆積物(泥炭)の採集を行った(図2)。

出来島の北方の露頭のほぼ中部には広範 囲に追跡できる白色火山灰層(岩木山火山 灰層といわている。)が確認できる。この上 部は完新世の堆積した出来島層(辻,2001)、 下部は最終氷期に堆積したと考えられる湖 成層である(「館岡層」と呼ばれている)。 館岡層は、出来島から北方の大滝沼からべ ンセ沼のあたりの出来島海岸の広範囲で観 察され、下層から泥炭質砂、泥炭質シルト、 泥炭層、岩木山火山灰が堆積している(高 橋・柴崎、1972)。泥炭層には、下位から層 厚数ミリメートル以下の白色細粒軽石層と 白色微細粒火山ガラス層の少なくとも 2層 が挟在する。上位の白色微細粒火山ガラス 層は九州姶良カルデラを給源とする姶良 Tn 火山灰 (AT) に対比され、その下部には おびただしい材化石やミツガシワ (Menyanthes trifolia L.の種子が含まれてい

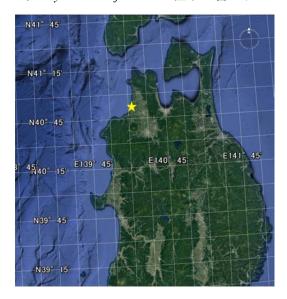


図 1:調査地域。最終氷期埋没林は、 青森県津軽半島の七里長浜出来島海 岸。海岸の数キロメートルでみられる。

る。下位の白色細粒軽石層は、十和田大不動テフラ(To-Of)の可能性がある。To-Of テフラの降下年代は、約3万年前あるいは以前(Machida, 1999)と推定されているが、今後検討が必要である。

館岡層の泥炭層から採集した材化石の樹種は、エゾマツ (Picea jezoensis Carr.) やアカエゾマツ (Picea glehnii Masters) 等の常緑針葉樹である。エゾマツの現生分布は北海道、南千島、サハリン、沿海州、朝鮮、中国北東部で、アカエゾマツの分布は北海道、



図 2:青森県津軽半島の七里長浜出来島海岸の最終氷期埋没林。材化石集積層の上部に始良 Tn テフラ(AT)、下層に十和田大不動テフラ(To-Of)が確認される。材化石及び泥炭層の採集を実施した。

東北(早池峰山)、南千島、サハリン南部である。これらの樹木が埋没した当時、出来島海岸には、亜寒帯・亜高山帯の植生が分布していたことになる。

出来島海岸から東へ約 20 km に位置する 五所河原市の年平均気温は 10.3 ℃、年降水 量は 1223.8 mm (1981~2010 の平均) である。 現在のエゾマツ・トドマツ群衆の生息域の 平 均 気 温 は 3.2±1.4 ℃、年降水 量 は 1294±182.6 mm であり、アカエゾマツの生 息地域の平均気温は 3.0±1.7℃、年降水量は 1397±150.5 mm である(第 5 回自然環境保 全基礎調査植生調査・全国版)。最終氷期に は、出来島海岸の気温が現在より約 7℃低 下したことになる。

#### 今後の予定

出来島海岸に露出する館岡層の泥炭層に 含まれる材化石や植物遺体の高密度の炭素 14年代測定を行い、館岡層の編年、テフラの降下年代の決定し、現生樹木の分布との比較から、最終氷期の正しい時間軸をもって気温・降水量などのを定量的に推定する予定である。

### 【文献】

高橋一・柴崎達雄(1972)出来島層の <sup>14</sup>C 年代. 地球 46, 26, 88.

辻誠一郎・伊藤昭雄(2001)生態系のタイムカプセル~青森県埋没林調査報告.青森県教育委員会,28-33.

町田洋・新井房夫(1976) 広域分布する火山灰—姶良 Tn 火山灰の発見とその意義. 科学 46,338-347.

Machida, H. (1999) Widespread tephra catalog in and around Japan. 第四紀研究 38, 194-201.

## 平成28年度研究業績

#### 雑誌論文(Journal articles)

Kitagawa, H., Stein, M., Goldstein, S. L., Nakamura, T., Lozar, B., DSDDP Scientific Party (2016) Radiocarbon chronology of the DSDDP core at the deepest floor of the Dead Sea. Radiocarbon doi:10.1017/RCD.2016.120 Kondo, Y. (2016) Newsletter, IAG Working Group on Geoarchaeology. Newsletter, IAG Working Group on Geoarchaeology, edited by Kondo, Yasuhisa 17, 0-34. doi:10.13140/RG.2.2.27017.65125.

近藤康久(2016)「アラビア半島乾燥地オアシスの水環境に関する環境考古学的研究、その後」『KWEFニュース』14,14.

小口高・村山泰啓・近藤康久 (2016)「JpGU, ORDID の登録機関に」『JGL 日本地球惑 星科学連合ニュースレター』12(4), 11.

Miyata, K., Ikeda, H., Fujiki, T., Ohba, H. (2016) A Supplementary Description of Kalanchoe humifica (Crassulaceae), with Special Reference to the Floral Characters and its Chromosome Number. The Journal of Japanese Botany 91, 26–31.

北川浩之・Hong, W. 林田明・竹村恵二 (2016) 湖沼堆積物の全有機炭素の炭素 14 年代測 定による高分解能年代編. 年第 18 回 AMS シンポジウム報告集、150-153.

北川浩之(2017)「名古屋大学宇宙地球環境 研究所 AMS 施設の運用—炭素 14 年代測 定データの品質保証・管理」『名古屋大学 年代測定研究』 1,153-157.

### 書籍掲載論文 (Book chapters)

藤木利之・三好教夫・木村裕子(2016)日本産花粉図鑑(増補・第2版). 1016 pp. 北海道大学出版会.

### 講演・学会発表等

北川浩之 (2016)「あなたの生活をおびやかす温暖化 ~身近に起きる暮らしへの影響 ~」『なごや環境大学共育講座公開講演会』、名古屋市昭和生涯学習センター、2016 年 5 月 12 日.

長谷川精・山本鋼志・勝田長貴・三村耕一・ 安藤寿男・太田亨・山本正伸・長谷川卓・ 長谷部徳子・Ichinnorov, N.・Heimhofer, U.・ Enerel, G.・Oyunjarga, I. G.・西本昌司・山 口浩一・鈴木徳行・入野智久・阿部文雄・ 村木綏(2016)「モンゴル湖成層から読み 解く白亜紀中期"超温室期"の十年スケー ル〜地球軌道要素スケールの気候システ ム変動」『日本地球惑星科学連合 2016 年大 会』幕張メッセ、2016 年 5 月 24 日.

北川浩之(2016)「レヴァント地方の過去20万年間の水文変動を探る-死海深層掘削プロジェクト(ICDP-DSDDP)」『公開シンポジウム「砂漠化の歴史を編む」』、鳥取大学乾燥地研究センター、2016年5月28-29日.

Hasegawa, H., Yamamoto, K., Mimura, K., Ando, H., Ichinnorovn, N. (2016) Millenial-to orbital-scale paleoclimatic changes in the mid-Cretaceous from Mongolian lacustrine records」『Goldschmidt2016』パシフィコ横浜, 2016年6月29日.

Nara F., Yamasaki S-I., Watanabe T., Tsuchiya N., Miyahara H., Kato T., Minoura K., and Kakegawa T. (2016) Rb/Sr Ratio in Lake Baikal Sediment Core:the New Geochemical Proxy for East Asian Winter Monsoon Strength during Cool Climate Period. Goldschmidt 2016, Yokohama, Japan, 26th June–1st July, 2016.

北川浩之(2016)「水月湖の年縞(ねんこう) 堆積物」静岡地学会特別講演会、静岡産業 大学、2016年7月16日.

Kitagawa, H., Dang, P. X., Hayashida, A., Lai, V. C. (2016)

A sedimental record from a maar on the Pleiku Volcanic Field in the central Highland of Vietbam. 6th International Marr Conference - maar and environmental change, Changchun, China, July 30–August 3, 2016.

近藤康久(2016)「地球環境学の離散的なデータの活用に向けた諸問題~何が障壁で、どう乗り越えるか~」『第1回 NII-地球研合同セミナー』。国立情報学研究所軽井沢国際高等セミナーハウス、2016 年9月3-4日.

近藤康久(2016)「オープンサイエンスが切り拓く社会課題解決型研究の未来」『文部科学省科学技術・学術政策研究所講演会(ホライズン・セミナー)』. 文部科学省科学技術・学術政策研究所会議、2016 年 9月 20 日.

Kondo, Y. (2016) Joint ecological niche- & cost surface model to backcast the adaptation of early modern humans to the palaeoenvironment. Future Earth Cluster Workshop "Modeling Challenges for Sustainability", Institute Reserarch for Humanity and Nature, Kyoto, Japan. September 28-30, 2016.

近藤康久 (2016)「Google Earth Engine を用いた超学際リモートセンシングの可能性~地球環境 GIS 講習会 2016 の経験から~」『千葉大 CEReS-地球研合同ワークショップ「環境問題の現場における超学際研究の新展開」』。総合地球環境学研究所講演室、2016 年 10 月 9 日.

近藤康久 (2016)「Open-TD: オープンサイエンス時代の社会協働研究」『FOSS4G 2016 NARA.KANSAI』. 奈良女子大学 大学ラウンジ、2016年10月30日.

北川浩之(2016)「初期ホモ・サピエンスの 居住環境の探求」『文部科学省科学研究費 補助金・新学術領域研究 2016-2020:パレ オアジア文化史学第1回研究大会』東京大 学小柴ホール、2016年11月5-6日(予稿 集70頁). Kitagawa, H. (2016) Exploring the resident-environment of early modern human in Asia. The 1st Conference on Cultural History of PaleoAsia, The 1st Conference on Cultural History of PaleoAsia, The University of Tokyo, Tokyo, November 5-6, 2016 (Proceedings, p. 71).

長谷川精 (2016)「モンゴルの湖沼堆積物と レス堆積物から復元する新人定着期の 環 境変動 (これからの計画)『文部科学省科 学研究費補助金・新学術領域研究 2016— 2020:パレオアジア文化史学第1回研究大 会』東京大学小柴ホール、2016年11月5-6日(予稿集72頁). Hasegawa H. (2016) Reconstruction of paleoenviromental change in Mongolia during the Homo Sapiens's expansion period (research plan). The 1st Conference on Cultural History of PaleoAsia, The University of Tokyo, Tokyo, November 5-6, 2016 (Proceedings, p. 73).

藤木利之(2016)「花粉分析によるクック諸島・ラロトンガ島の人類到達時期について」『文部科学省科学研究費補助金・新学術領域研究 2016-2020:パレオアジア文化史学第1回研究大会』東京大学小柴ホール、2016年11月5-6日(予稿集74頁). Fujiki, T. (2016) Vegetation change and date of human arrival in Rarotonga, Cook Islands. The 1st Conference on Cultural History of PaleoAsia, The University of Tokyo, Tokyo, November 5-6, 2016 (Proceedings, p. 75).

田村 亨 (2016)「光ルミネセンス (OSL) 年代の手法とパレオアジア文化史学への 貢献」『文部科学省科学研究費補助金・新 学術領域研究 2016-2020: パレオアジア文 化史学第1回研究大会』東京大学小柴ホール、2016年11月5-6日(予稿集76頁). Tamura, T. (2016) Optically-stimulated luminescence and its contribution to the cultural history of PaleoAsia, The 1st Conference on Cultural History of PaleoAsia, The University of Tokyo, Tokyo, November 5-6, 2016 (Proceedings, p. 77).

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」『文部科学省科学研究費補助金・新学術領域研究 2016-2020: パレオアジア文化史学第1回研究大会』東京大学小柴ホー

ル、2016年11月5-6日 (予稿集78頁). 1st Conference on Cultural History of PaleoAsia, The University of Tokyo, Tokyo, November 5-6, 2016 (Proceedings, p. 79).

近藤康久(2016)「パレオアジア文化史学総合遺跡データベース PaleoAsia DB のグランドデザイン」『文部科学省科学研究費補助金・新学術領域研究 2016-2020:パレオアジア文化史学第1回研究大会』東京大学小柴ホール、2016年11月5-6日(予稿集106). Kondo, Y. (2016) Gland design of the PaleoAsia DB, a holistic site database of the PaleoAsia, The University of Tokyo, Tokyo, November 5-6, 2016 (Proceedings, p. 107).

長谷川精・安藤寿男・勝田長貴・山本鋼志・ 太田亨・山本正伸・長谷川卓・長谷部徳子・ Ichinnorov, N. (2016) 年編湖成層から探 る白亜紀中期の年~地球軌道要素スケー ルの気候変動」『第2回地球環境史学会』 早稲田大学, 2016年11月26日.

近藤康久・陀安一郎・中野孝教・申基澈・ 薮崎志穂・山田佳裕・大河内博・真庭譲・ 西村寿々美・横尾頼子・帰山寿章・山田明 弘・下島浩平・小沢弘幸(2016)「GIS を 用いた多元素同位体情報の可視化とその 意義」『第6回同位体環境学シンポジウム』、 総合地球環境学研究所 2016年12月22日 (p.69).

近藤康久(2016)「多元素同位体指標の可視 化とオープンサイエンス」『金沢大学環日 本海域研究センター拠点研究集会』. 金沢 大学 環日本海域環境研究センター臨海実 験施設、平成 28 年 11 月 3 日.

近藤康久(2016)「アラビア半島乾燥地オアシスの水環境に関する環境考古学的研究、

その後」『平成 28 年度クリタ水・環境科学 振興財団研究成果報告会』.

藤木利之・和田恵治・佐藤鋭一・奥野充(2017) 「北海道のコア試料の花粉化石およびテフラ分析:火山噴火の植生へのインパクト と回復プロセス」『国際火山噴火史情報研究所研究集会』福岡大学七隈キャンパス、2017年1月21-22.

野口真・藤木利之・奥野充(2017)「アリューシャン列島 、アダック島のハベン湖周辺の植生変遷」『国際火山噴火史情報研究所研究集会』福岡大学七隈キャンパス、2017年1月21-22日.

前田悠斗・藤木利之・奥野充(2017)「フィリピン,ルソン島パイタン湖周辺の古環境変化」『国際火山噴火史情報研究所研究集会』福岡大学七隈キャンパス、2017年1月21-22.

奥野充・藤木利之・Hatfield, V.・Bruner, K. (2017)「アリューシャン列島,ウナラスカ島のダッチハーバー周辺の泥炭層の層序と年代」『国際火山噴火史情報研究所研究集会』福岡大学七隈キャンパス、2017年1月21-22.

北川浩之・Stein, M. (2017)「死海深層掘削 プロジェクト:レヴァント地域の気候変動」 『文部科学省科学研究費補助金・新学術領 域研究 2016-2020:パレオアジア文化史学 第 2 回研究大会』名古屋大学野依記念学術 交流館、2017年2月11-12日(予稿集55). Kitagawa, H., Stein, M. (2017) Dead Sea Drilling Project (DSDDP)-climate in Levant, The 2nd Conference on Cultural History of PaleoAsia, Noyori Conference Hall, Nagoya University, February 10-12, 2017 (Proceedings, p. 56). 長谷川精 (2017)「ホモ・サピエンス定着期 における西アジア~東アジアの環境変動 記録のコンパイル『文部科学省科学研究費 補助金・新学術領域研究 2016-2020: パレ オアジア文化史学第2回研究大会』名古屋 大学野依記念学術交流館、2017年2月11-12 日 (予稿集 48). Hasegawa, H. (2017) Compilation of paleoenvironmental changes in West Asia to East Asia during the during the Homo Sapiens's expansion period. The 2nd Conference on Cultural History of PaleoAsia, Noyori Conference Hall, Nagoya University, February 10-12, 2017 (Proceedings, p. 49)

近藤康久・野口淳・北川浩之(2017)「オマーンにおける先史遺跡調査:2016 年度概報『文部科学省科学研究費補助金・新学術領域研究2016-2020:パレオアジア文化史学第2回研究大会』名古屋大学野依記念学術交流館、2017年2月11-12日(予稿集50). Kondo, Y., Noguchi, A., Kitagawa, H. (2017) Archaeological survey of prehistoric sites in Oman: preliminary report of the 2016 season. The 2nd Conference on Cultural History of PaleoAsia, Noyori Conference Hall, Nagoya University, February 10-12, 2017 (Proceedings, p. 50)

田村 亨・門脇誠二 (2017)「ヨルダン Tor Hamar サイトの OSL 年代測定:予察報告」『文部科学省科学研究費補助金・新学術領域研究 2016-2020:パレオアジア文化史学第2回研究大会』名古屋大学野依記念学術交流館、2017年2月11-12日(予稿集51). Tamura, T., Kadawaki, S. (2017) Optically-stimulated luminescence dating of sediment samples at Tor Hammer, southern

Jordan: preliminary reports. The 2nd Conference on Cultural History of PaleoAsia, Noyori Conference Hall, Nagoya University, February 10–12, 2017 (Proceedings, p. 52) 藤木利之・北川浩之・西秋良宏(2017)「ウズベキスタン・アンギラク洞窟の中期旧石器時代層の花粉分析」『文部科学省科学研究費補助金・新学術領域研究 2016–2020: パレオアジア文化史学第 2 回研究大会』名

古屋大学野依記念学術交流館、2017 年 2 月 11–12 日 (予稿集 53). Fujiki, T., Kitagawa, H., Nishiaki, Y. (2017) Pollen analysis data of Middle Paleolithic period from Anghilak cave, Uzbekistan. The 2nd Conference on Cultural History of PaleoAsia, Noyori Conference Hall, Nagoya University, February 10–12, 2017 (Proceedings, p. 54).

本研究報告書は、文部科学省科学研究費補助金(新学術領域研究)平成 28 年~平成 32 年度「パレオアジア文化史学ーアジア新人文化形成プロセスの総合的研究ー」(領域番号 1802 「パレオアジア文化史学」) 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」(課題番号 16H06410)の平成 28 年度の研究活動をまとめたものである(ISBN 978-4-909148-04-9)。

平成29年年4月30日発行

編集・発行

A03 班研究代表者 北川浩之 〒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 Tel. (052) 789-3469

E-mail: hiroyuki.kitagawa@nagoya-u.jp

印刷·製本

名古屋大学消費生活共同組合印刷・情報サービス部

〒464-0814 名古屋市千種区不老町

