2018 東北知のフォーラム

Geologic Stabilization and Human Adaptations in Northeast Asia.

実験考古学ワークショップ

The Experimental Archaeology Workshop

東北大学研究推進・支援機構 知の創出センター

Tohoku Forum for Creativity

東北大学大学院文学研究科考古学研究室

Department of Archaeology,
Graduate School of Arts and Letters, Tohoku University

2019 年 3 月

March 2019

目次

はじめに ……1

第１章　着柄狩猟具の刺突実験 ……3
第１節　実験の目的と背景
第２節　実験の方法
第３節　実験結果の分析
第４節　分析結果の考察
第５節　小結

第２章　土器表面の調整実験　―「ナデ」調整による器面の変化と微細痕跡の観察― ……39
第１節　土器表面の調整に関する実験
第２節　円筒埴輪の突帯に見られるナデ調整の実験

第３章　石器による鹿角切断実験 ……79
第１節　目的と意義
第２節　実験について
第３節　実験結果
第４節　考察
第５節　今後の課題

第４章　細石刃の製作実験 ……94
第１節　実験の目的と背景
第２節　ワークショップ当日の実験
第３節　追加実験
第４節　考察と課題

第５章　石製食物加工具（メタテ・マノ）の使用実験 ……103
第１節　メソアメリカとトウモロコシ食文化
第２節　磨製石器メタテ・マノと食物加工具としての利用
第３節　本実験の目的
第４節　本実験の方法および事前準備
第５節　実験の結果
第６節　分析
第７節　今後の実験のための課題

第６章　使用痕形成に対して被加工物としての木の材質や状態がおよぼす影響の実験研究 ……121
第１節　はじめに
第２節　実験プログラム
第３節　結果
第４節　考察
第５節　まとめと課題

第７章　シンポジウム発表要旨 ……144

おわりに（シンポジウムに対するコメント） ……158
Experiences during the experimental workshop at the Department of Archaeology, Tohoku University
Feedback from Program Coordinator

はじめに

鹿又喜隆・阿子島　香
東北大学大学院文学研究科

東北知のフォーラム（The Tohoku Forum for Creativity）は、科学と人文学の国際的な共同研究を促進する目的で、海外研究者を招聘し、様々な活動をおこなってきた。2018 年には 4 件のテーマプログラムが選ばれ、そのひとつが、東北アジア学術会議（Northeast Asian Colloquium in 2018）『東北アジアにおける地学的安定化と人類適応（Geological Stabilization and Human Adaptations in Northeast Asia）』である。このテーマプログラムは 4 つのコア・ワークショップ（宗教学・神話学、考古学、人類学、地質学）で構成されている。本書は、その第 2 部会「東北アジアにおける先史人類の文化的適応の多様性：後期旧石器時代初頭、最終氷期最寒冷期、後更新世適応（Variabilities in prehistoric human cultural adaptations in Northeast Asia: The Initial Upper Paleolithic, the last Glacial maximum, and the Post-Pleistocene adaptations）」（考古学部門）において企画された『若手考古学者のための実験考古学ワークショップ』の報告集である。このワークショップは、2018 年 7 月 23 ～ 27 日に開催され、各日 1 件の実験プログラムが実施された。ここでは、本ワークショップの企画と意図について解説し、後の個別実験プログラムの説明に対する理解を促す役割を果たしたい。

最初に、第 2 部会の企画意図を簡単に説明する。先史時代において、現生人類は極寒の土地への拡散は、変動する環境と文化的適応手段の多様性との相互作用における複雑なプロセスであったと考えられる。そこで、第 2 部会では、東北アジアの各地の事例について専門家から具体的に紹介してもらうことで、各地・各時代の環境に対応した人類の生業と技術の多様性や、資源開発の成功と失敗について把握し、東北アジアにおける人類の居住領域の拡大の過程について理解を試みた。これを目的としたシンポジウムが 8 月 4・5 日と 2 月 13 日に開催された。ここでは、後期旧石器時代初頭から新石器時代・縄文時代までの時間枠で、モンゴルやアルタイ、シベリア、沿海州、韓国、エクアドル、日本列島などの事例が、合わせて 11 件のプロフェッショナルな講演を通して紹介された。

一方で、第 2 部会では若手研究者の育成のためのプログラムも用意したいと当初から考えていた。それは、今回の招聘者には実験考古学のスペシャリストがおり、本学もまた実験考古学研究が伝統的に盛んであるため、このコラボレーションが新たな学術的知見を生み出すとともに、実験考古学プログラムの計画や実践での議論が若手考古学者の成長を大いに促してくれることを確信していたためである。この若手研究者の育成も、東北知のフォーラムのミッションのひとつである。

さて、今回の実験考古学ワークショップの企画と本書における総括において、下記の注意事項を各担当者には提示していた。

①実験データを詳細かつ客観的に提示すること。
②実験（作業経験）における主観的な知を意識すること。
③実験を通して課題を見出し、次の実験へと繋げること。

①は、実験考古学において当然の事項であるが、改めてどのように客観的にデータを作成し、提示できるかを課題とした。それぞれの目的に応じた実験結果の提示方法があり、それには最適の準備と実践が不可欠である。

②は、特に日本の考古学では意識されない傾向にあるが、この主観的な知こそ、実験の発想の源泉であり、当時の人類の行動を追体験しながら、その妥当性を知覚できる重要な事項である。

③は、端的にはフィードバックであり、実験から課題を見つけて、実験条件を改善していくことで、その精度が最終的に高まり、正確な理解に近づく道である。

本書の取り組みは、若手考古学者にとっては実験研究の第一歩である。本企画への参加とその成果発信を通じて、より発展的な実験考古学的研究が開始されることを期待したい。

2019 年 3 月

PREFACE

Yoshitaka KANOMATA and Kaoru AKOSHIMA

The Tohoku Forum for Creativity (TFC) was established to promote international collaboration between the sciences and humanities through invitation of international visitors and by carrying out various activities. Four thematic programs were selected in 2018. One is the program of "Northeast Asian Colloquium in 2018" designated as "Geological Stabilization and Human Adaptations in Northeast Asia." This thematic program consists of four core workshops: religion/mythology, archaeology, ethnology, and geography. This volume is the report of the "Workshop for young archaeologists" published by the second workshop "Variabilities in prehistoric human cultural adaptations in Northeast Asia: The Initial Upper Paleolithic, the last glacial maximum, and Post-Pleistocene adaptation." This workshop was held during 23–27 July, 2018. Each experimental program organized by Tohoku University young archaeologists was conducted on one day. First, the planning and purpose of the archaeological core workshop are explained to facilitate understanding of the independent experimental programs described later.

The plan and purpose of the second workshop are explained hereinafter. Expansion of modern humans, *Homo sapiens sapiens*, into the arctic landscape during prehistoric times is thought to have been a complicated process of interaction between fluctuating environments and diversity in cultural measures of adaptation. This workshop was held to shed light on the territorial expansion of prehistoric populations throughout northeastern Asia, their variation in subsistence and technology, and successes and failures encountered during exploitation of natural resources such as game animals, plant crops, and specific geological rock types in the landscape as raw materials for tools in highly mobile settlement patterns. The workshop intended to explore this theme was held during 4–5 August and 13 February. Eleven presentations on Paleolithic and Neolithic periods in Mongolia, Altai, Siberia, the Far East, Korea, Ecuador and the Japanese archipelago were introduced by specialists from Russia, Poland, Korea, and Japan.

Organizers of the second workshop provide young archaeologists with opportunities to pursue experimental studies. Several specialists contributed to the "Workshop for young archaeologists". Collaborative programs are expected to propose new academic knowledge. Furthermore, opportunities to organize and participate in experimental programs are expected to facilitate their academic development. A primary objective of TFC is to educate young researchers to be international leaders to build the future of humanity.

At this workshop based on experimental archaeology, the organizers proposed the three following points to be practiced.

1. To propose objective and detailed data related to experimentation
2. To gain subjective knowledge consciously through experimentation
3. To improve experimental programs by revealing difficulties in earlier experiments

Although the first point is a basic factor for experimental archaeology, it is useful for reconsideration and development of methodologies showing how to propose data objectively. The most suitable method should be selected for preparation and practice of the experiment according to the aims of its own program.

Japanese archaeologists tend to overlook the second point. Subjective knowledge is the source of discovery of experimental trials. Through practical experimentation, archaeologists will experience for themselves what ancient people actually did. Such experiences will give them criteria to assess interpretative judgments.

The third point is feedback to improve experimental difficulties by addressing earlier experiments. The procedure is conducted repeatedly. Therefore, archaeological interpretation will improve gradually and ultimately guide investigators to the correct answer.

This program provided the first opportunity for experimental archaeology to junior researchers. Further developed experimental archaeology will be practiced by them through participation in their projects and publication of research results announced at this workshop.

March 2019

第 1 章　着柄狩猟具の刺突実験

熊谷亮介

第 1 節　実験の目的と背景

1. 実験の目的

日本列島東北地方の後期旧石器時代遺跡から出土する「基部加工ナイフ形石器」は、型式学・技術形態学的に当該地域の特徴とされ、石刃石器群の中で素材石刃の主要な加工形態・表現型として重要な位置を占める（第 1.1 図）。縦長の剥片（石刃）の片端両側に刃潰し加工を施して「基部」とし、対する先端は素材形状のままか、加工して尖鋭にしたものを基本的な「基部加工ナイフ形石器」の技術形態としておく。本論では、基部加工ナイフ形石器のなかでも尖頭形のものを「基部加工尖頭石器」として技術形態学的・機能形態学的な検討が加えられるように定義し、以降の論を進める。これらの特徴から、基部加工ナイフ形石器には木製柄の先端に装着された狩猟具・刺突具としての機能が類推されてきた[1,1)]。

この背景には単純な工学的・民族誌的類推が可能であったという他にも、時期ごとに細かく変遷するナイフ形石器・両面加工尖頭器・細石刃という「狩猟具（ヤリ）の進化史」（安斎 2007・2008）として日本列島の旧石器時代を記述しようとする意図があったことが否めない。しかし、これらの石器には狩猟具以外の機能もあることが想定され、複合的な機能を持つ石器としての具体的な運用方法が検討される必要がある。また、旧石器時代の道具は石器だけで成立するものではなく、本来は着柄など組合せ式の構造・デザインを有する可能性が高く、それらの総体として機能を発揮することが知られる。したがって、素材形状維持・基部加工・先端尖鋭化といった要素からなる「基部加工ナイフ形石器」のデザインが、どのような機能や着柄・保持といった運用上の要請に基づいているかが重要な関心となる。

遺跡出土石器の形態と機能の関係を理解しようとする際には、その間に存在したであろう素材選択・着柄構造・デザインおよび使用行為（動作）の影響について考察が必要となる。ある対象が着柄された石器であるかどうかや、狩猟具として機能したかどうか、またどのような投射法であるかなどを推定するための知見・基準については、既に多くの実験的研究による蓄積（Moss and Newcomer 1982、Fisher et al. 1984、Shea et al. 2001、御堂島 1991、坂下 2006）や、Rots ら (2014) による成果の集成がある。しかし、本論で扱う基部加工ナイフ形石器については少数の実験例（佐野・大場 2014）を見るのみであり、とくに日本列島東北地方の後期旧石器時代後半期の大型石刃を素材とする一群に関しては、その形態・サイズの特殊さから先行研究の参照には限界がある。

したがって、本論では山形県高倉山遺跡出土の後期旧石器時代資料のなかから「基部加工尖頭石器」（第 1.2 図）をモデルとして製作した実験複製石器を用い、柄（主軸）の重量などに制御条件を設定した実験槍による刺突実験を実施した。これによって、狩猟・刺突行為による石器の破損パターンと石器形態および実験条件との関係を工学的観点から理解し、出土資料と比較検討することを目指す。

2. 実験の背景

(1) 実験研究の意義

先史時代の石製先端をもつ組合せ式狩猟具が発揮する威力（殺傷力）・貫通力・飛距離などの機能価は、対象獣や狩猟方法（追い込み・待ち伏せ・接近・追跡・遭遇など）(Ellis 1997) の推定に関わり、当時の狩猟活動を理解する上で重要な情報となる。

これに関して、柄や補助機構（投槍器・矢羽など）を含む狩猟具全体の仕組みについて弾道学的な分析が試みられており（Hughes 1998）、とくに重量・投射速度・サイズなどの要素が狩猟具としての機能に大きく関わる

とされる。この内、投射速度は広義の投射法（刺突、手投げ、投槍器の使用、弓矢）に関連付けられる（Hughes 前掲、Thomas 1978、Shott 1997）。各投射法によって投射速度に明確な違いが生じることが民族誌の研究あるいは実験研究から推定されており、なかでも複合的投射技術（投槍器・弓矢）は投射速度の向上にその特徴がある（安斎 2008）。投射速度は威力や飛距離と密接に関係し、より安全に、より少ない投射回数で対象を殺傷するためには速度の向上が必要だったと考えられる（Hutchings 2016）（第 1.3 図）。

一方で、先述したように重量やサイズ（先端横断面積など）も直接的に狩猟具としての威力・貫通力などに関連していることが知られる（安斎 前掲、田村 2011）。出土資料は、これらの要素について何らかの基準で調整された表現（デザイン）として解釈することができる[12]（第 1.4 図）。

こうした考えに基づき、本論では道具の工学的デザインを石器以外の構造を含めた総体として理解するため、それらについての知見を得られる方法として実験を計画した。

(2) 実験制御条件の設定

本論では、後述するように狩猟具における柄などの構造や行為者の身体的特徴、身体的動きなどを実験の制御条件として設定した。これは今回の目的が出土資料との比較であり、実験槍の先端に装着する実験石器が出土資料と同様のサイズ・形態のバリエーションを持つことを前提としている。そのうえで上記の要素を変数とする目的としては、近年の先行研究では柄の重量や構造を規定し、かつ可変速クロスボウ（Calibrated Crossbow）（Shea et.al 2001、佐野ほか 2012、佐野・大場 前掲、Sano and Ooba 2015）などの機械による厳密に制御された投射・刺突が多かったのに対して（第 1.5 図）、それ以外の人間行動・行為に由来する要素を探る意図がある。出土資料のみでなく、速度・重量などが制御された実験との間でも結果を比較することで有意な解釈が得られると考える。

第 2 節　実験の方法

刺突実験の方法は、佐野勝宏らが行っている一連の着柄狩猟具の投射実験を参考にした。実験は 2018 年 7 月 27 日に、東北大学にて行われた。資材の購入においては東北大学知の創出センターが主催する「知のフォーラム 2018 テーマプログラム（Geologic Stabilization and Human Adaptations in Northeast Asia）の一環として援助を受けた。以下に、実験石器の製作、着柄方法、刺突対象（ターゲット）、刺突方法、記録方法などについて記述する。

1. 実験石器の製作

実験の要件を満たすレプリカ石器（実験石器）の製作には熟達した石器製作技術が求められるため、製作はすべて大場正善氏（公益財団法人山形県埋蔵文化財センター）に依頼した。実験石器は高倉山遺跡出土ナイフ形石器のうち尖頭形のものを形態・製作技術・利用石材のモデルとし、最大長が 80mm以上かつサイズ・形態ともに広いバリエーションを持つように製作された（第 1.6 図、第 1.1 表、第 1.2 表）。石器の計測基準は第 1.7 図に従う。モデルとなる高倉山遺跡出土資料（第 1.2 図）は、日本列島の後期旧石器時代石刃石器群のなかでも石核調整技術が発達し、もっとも大型の石刃および石刃製石器を含む資料といえる。実験用の石材は山形県内で採取された珪質頁岩を用いている。このうち 2 点（BP07・17）は肌理が粗く硬質な黒色の頁岩であり、その他 18 点は肌理が細かく褐色～灰褐色を呈する（第 1.8 図）。

素材となる石刃は、主として両設打面の石核から硬質石製ハンマーの直接打撃で剥離された。その際、打面前面辺縁部に対して作業面側から細かく調整を施し、角度を整えている（打面調整）。この調整によって残る痕跡は、高倉山遺跡をはじめとする東山石器群に特徴的な打面調整（鹿又・佐野編 2016、須藤 2017、熊谷 2018）の痕跡と類似する。剥離された石刃は背面に先行する石刃剥離痕を 3 面以上持ち、多くが断面台形を呈する。

ナイフ形石器への加工は、素材石刃の腹面から背面に向かう刃潰し加工（Blunting）によって行われた。基本的に打面を大きく残しつつ、そこから器長の 1/3 ～ 1/2 ほどまでの側縁を加工して基部（着柄部）を整形している。基部の形状は逆台形、尖形、舌状などを呈する。実験石器のうち 6 点は基部が舌状に加工される。これらは高倉山遺跡出土のナイフ形石器 I 類（第 1.2 図）（鹿又・佐野編 前掲、佐野ほか 2013）を参考に、意図的に作り出されたものである。全ての実験石器は先端が尖鋭（尖頭形）となるように製作されたが、これは素材石刃の形

を活かしたものと加工によって整形したものとに分かれる。一部に、先端加工と基部加工が連続して片方の側縁を覆うものが含まれる。

実験石器 20 点と高倉山遺跡出土ナイフ形石器（完形 27 点）は、最大長・最大幅・最大厚について統計的に有意な差があることに注意したい（2 標本間の F 検定・t 検定による、有意水準 5%）（第 1.9 図）。出土資料のなかでも小型の一群（Ⅲ a・Ⅲ b 類）にあたる資料は、今回の実験ではモデルとしていないことが要因として挙げられる。一方、後述する実験条件に応じて 2 分した群（BP01~10 と BP11~20）の間では、サイズに有意な差は無いことが示されている（第 1.9 図、第 1.3 表）。

将来的に石器形態と機能の関係を分析することを企図し、全ての実験石器に対して実験前の状態でサイズ・重量の計測、簡易実測、写真撮影（第 1.6 図）、3 D 計測（第 1.10~1.12 図）による記録化を実施している。3D 計測には レーザースキャナ（CREAFORM 社製 HANDYSCAN700）を用いた。

2. 着柄方法

先述したように、実験の制御条件には石器が装着される構造のバリエーションを重視する。そのため実験槍の主軸には体積あたりの質量の安定したラワン材を選択し、より長く重量のもの（Heavy shaft）と短く軽量のもの（Light shaft）の 2 種類を用意した。前者は長さ 1.5m、径 30㎜、重さ 600g であり、後者は長さ 1.2m、径 30㎜、重さ 400 g である（第 1.13 図）。

2 本の主軸は実験を通して同一のものを使用し、これらに対して継柄（foreshaft）に装着した実験石器を取り換えながら実験を進めた。継柄は主軸よりやや細い径 28㎜の白木材であり、長さ 20㎝である。主軸と継柄はそれぞれ一端を 4cmほど円錐台状に加工し、内径27㎜のプラスティック製パイプジョイントで接続した（第 1.15 図）。継柄のもう一端は側面からみてＬ字状を呈するように彫り出し[1,3]、実験石器を装着する台座とした。台座の深さは一律で径の半分となる 14㎜であるが、軸に平行する長さは装着する石器の最大長に応じて 40㎜（120m 未満）・60㎜（120㎜以上）・80㎜（150mm 以上）のいずれかを選択した。重量は平均 50g である。

実験石器を継柄に装着するに際しては、膠着材として液体膠と弁柄（ベンガラ）の粉末を混合したものを使用した。この材料について、南アフリカの旧石器時代遺跡において赤鉄鉱（Ocher）と動物性膠による狩猟具の着柄例が報告されている（佐野ほか 2012、Wadley 2005）。佐野と同様に日本の後期旧石器時代において用いられたことを想定するわけではないが、当該時期に入手可能な材料として実験に採用した。弁柄は日本の伝統的な色彩名あるいはその顔料（酸化鉄）を指し、鉄鉱石・赤鉄鉱から作られる。60~70℃程度に保った湯で容器を湯煎しつつ膠（約 10cc）と弁柄（20g 程度）を混合し、ペースト状になったものを継柄の台座に塗布するように用いた。実験石器には打瘤（バルブ）の膨らみや捻じれなどがあるため、皮紐での結縛のみでは平らな台座に対して安定しない。また、石器の湾曲が大きい場合、そのまま据えると主軸 - 継柄の軸方向と石器の基部 - 先端の軸が一致しないものが多い。そのため石器と台座の間隙を埋めて安定させ、調整した角度に固定する目的で膠着材を用いた（第 1.15 図、第 1.16 図）。膠着材は冷えると固化するが、このままでは固定が弱く刺突時に容易に外れるため、上から皮革（ウシ・シカ）の紐（長さ 100㎝）で結縛した。

3. 刺突対象

刺突実験の対象物には、ウシの肩甲骨・ゼラチン塊・シカの毛皮を密着するよう重ねたものを用いた。対象は高さ 100㎝の作業机の上に設置し、背後に約 45㎏の河原石を詰めた木箱を置いて固定した（第 1.17 図）。これはニホンシカ成体の体重に相当する。

ウシの肩甲骨は仙台市食肉加工場より生の状態で 3 本を譲り受け、約 10 分間煮沸した後で肉・筋などを取り除いた（第 1.18 図）。ゼラチン塊については、本来であれば人体・動物の肉と同様の性質をもつ銃火器試験用のバリスティック・ゼラチンを用いることが望ましいが、今回は再現性を確保する目的で市販のゼラチン粉末（モルティンゲール 製菓用ゼラチン、豚皮由来）を用いて作成した。70℃の湯 2000ccに対して 200g（10%）を溶かしたのち、気泡が発生しないよう静かに厚さ 6cm・幅 22㎝の型に流し込んで数時間冷やすと完成する。透明のゼラチン塊は適度な弾力と強度があり、貫通した物体の軌道や内部が損傷する度合いをよく観察することができる（第 1.19 図）。計 8 個作成し、2 ～ 3 回の刺突ごとに交換しながら使用した。

4. 刺突方法

実験は 5 人の被験者（A～E）が 4 回ずつの刺突を交替で行った。大学生（大学院生）の男性 4 人、女性 1 人からなる被験者については、身長・体重などを記録した（第 1.4 表）。最初に Heavy shaft に装着した BP01~10 までの 10 点で実験を行い、次に Light shaft に装着した BP11~BP20 までの実験を行った（第 1.1 表）。

各被験者は対象物から水平距離で 1.0m の地点に立ち、実験槍を両手で保持しながら対象物に突きつける形で狙いをつけ、合図とともに槍を引き、一歩踏み出す動作とともに水平に刺突した。実験石器の先端がウシの肩甲骨まで貫通したのち、数秒の押し付けをしたのちに静止させた（第 1.20 図）。このとき、奇数番号の実験石器は地面と腹面が水平になるような角度（Horizontal）で刺突し、偶数番号の実験石器は地面に対して垂直（Vertical）になるように回転角を調整した（第 1.1 表）。

5. 記録方法

実験の様子はビデオカメラおよびデジタル一眼レフカメラ 2 台（Nikon D3000、D700）で撮影した。刺突後、ゼラチン塊に残った損傷の度合い（侵入角・幅・破片の残存など）やウシの肩甲骨に残る刺突痕跡（カットマーク・破片の貫入・貫通など）をそれぞれ撮影とスケッチで記録した。刺突対象は刺突の衝撃によって背後の木箱ごと後方にやや動き、実験ごとに移動距離を計測したのち原位置に戻した。

実験時に破損し飛び散った石器の破片は、ゼラチン塊の内部に残ったものを含めて可能な限り回収した。

第 3 節　実験結果の分析

1. 実験後の試料操作

実験では、計 22 回の刺突が実施された。これは一回目で対象から外れるなどの理由で 2 回刺突された実験石器（BP17・BP20）があるためである。BP20 は一回目の刺突で着柄が外れたため、記録を取ったのち、その場で結紮し直して刺突した。

実験後の各実験石器は一時、継柄に装着したまま保管した。その後、着柄の脱落やズレの写真記録を取り（第 1.21 図）、基部側や側縁の破損を確認しながら継柄から実験石器を外した（第 1.22 図）。後述するように実験石器の基部側（着柄部）に大きな衝撃剥離痕や破損は認められなかったが、台座との衝突による微小な割れが複数個体に発生していた。

柄から外した実験石器は付着したゼラチンや膠着材を洗浄したのち、実験前の記録（実測・写真・3D 計測データ）と比較しながら実測・写真による記録化を行った。

2. 衝撃剥離痕の観察

本論では各実験石器に観察される刺突による破損のうち肉眼で観察可能なものを衝撃剥離（Impact fracture: IF）として捉え、佐野（2009・2011）の基準（第 1.23 図）を参考に分類した。衝撃剥離は 20 点のうち 18 点に確認され、刺突による衝撃で高い頻度で発生したことが分かる。これは刺突実験単一の結果であり、石器の投射実験において投射速度に応じて衝撃剥離の発生頻度と規模が増大するという先行研究の結果と矛盾するものではないが、一方で刺突の速度であっても高い頻度で衝撃剥離を発生させうる何らかの要因が存在することが予想される。

(1) 衝撃剥離の分類

衝撃剥離の類型として、A 類を縦溝状剥離（Flute-like fracture）とし、器軸方向と平行かつ器体平面とも平行して伸びる剥離を分類した。B 類を彫刀面状剥離（Burin-like fracture）とし、器軸方向と平行かつ器体平面とは直交し、石器の側縁を取り込む剥離を分類した。したがって、今回の実験で特徴的に生じた、先端から伸びて片方の側縁を薄く取り込むが器体平面と直交しない剥離は A 類に分類している。C 類は器体を横断する折れを分類し、折れ方向に発生する剥離面がフェザー・エンドとなるもの（C 1）、外反剥離となるもの（C 2）、階段状剥

離を呈するもの（C３）、スナップを呈するもの（C４）に細分される。D類は他の衝撃剥離や折れ（C類）から副次的に発生したものを分類した。器体の両面に発生するもの（D１）、片面に発生する6mm以上のもの（D２）、片面に発生するが6mm以下のもの（D３）に細分される[1,4]。

また、高倉山遺跡出土ナイフ形石器の使用痕分析（鹿又・佐野編 2016）などで用いられている衝撃剥離の分類として、先端部の潰れ・（C R：Crushing）も同様に分類した（第1.24図）。複数の微小な剥離から構成される潰れであり、出土資料にみられる場合は衝撃剥離と判断するのは難しい痕跡と考えられるが、今回の刺突実験では数多く確認されている。

(2) 実験条件と衝撃剥離発生パターン

本論では以上のような基準に則って衝撃剥離痕を分類した結果、指標的・非指標的を併せて計42か所の衝撃剥離が確認された（第1.5表、第1.25~1.27図）。指標的と判断できるものに限れば22点となる。C２、C3、D２類は分類されなかった一方、全体の傾向としてA類とCR類が多く発生している。発生した面でみると、腹面に発生した数がもっとも多く、特徴的な様相を呈している（第1.28図）。被験者ごとにみると、個人によって発生数と長さに大きな差が生じていることが分かる（第1.29図）。ただし、後述する他の実験条件や石器の諸属性によって影響を受けていることが予想されるため、被験者の違いのみに衝撃剥離の発生パターンの要因を求めることはできない。

Heavy shaft に装着した10点とLight shaft に装着した10点との間には、有意な類型発生頻度の差はない（Fisher's exact test, p=0.92818>0.05）（第1.6表、第1.31図）。各衝撃剥離の長さを比較すると、Light shaft に装着した実験石器群のほうがやや高い分布を示すことが分かる（第1.30図）。

刺突の際に条件分けした刺突角（Horizontal と Vertical）のそれぞれでは、Verticalの方が多くの衝撃剥離が発生し（17:24）、C4・D1・CR類が増加している（第1.31図）。C4とD1の増加は、互いに関連するものと思われる。またCR類は2:7の割合でVerticalが、A類では4:8の割合でHorizontalの方が増加することが認められる。ただし、こちらも統計的に有意と言えるほどの差はない（Fisher's exact test, p=0.4039>0.05）。発生した衝撃剥離の長さは、Horizontalの方が中央値・最大値ともにやや大きい（第1.29図）。

上述のような衝撃剥離に加えて、継柄の台座と接触する実験石器の基部（打面部）に、ごく微小な剥離が確認された個体がある（BP11・BP15）（第1.32図）。腹面の打点直下や基部の二次加工の上に生じているため、刺突の衝撃で発生したものか、製作時の潜在割れが進んだ結果か判断できない。いずれにしても、出土資料に同様の痕跡があった場合には認識が難しいと思われる。

(3) 実験石器の諸属性と衝撃剥離発生パターン

狩猟具先端（実験石器）のサイズ・形態・石材などの諸属性と衝撃剥離の発生頻度および規模に関係があるかどうかは、出土資料との対比において重要な視点となる。先述したように、実験条件に設定した主軸の長さや重さ、刺突角などによって衝撃剥離発生パターンに有意な差が見出しがたいこともあり、相対的に石器そのものに要因をみる必要性が増しているといえる。

実験石器20点を最大長・最大幅・最大厚・重量のそれぞれについて値が低い順に横軸にとり、対応する個体ごとの衝撃剥離の発生数と、個体中で最大値の衝撃剥離長（最大IF長）を縦軸にとった（第1.33図）。結果、これらのサイズ属性の数値と衝撃剥離の発生数と規模が反比例する傾向が確認できた。とくに最大厚・重量が顕著な傾向をしめし、厚手で重量のある実験石器ほど衝撃剥離の発生が抑制されていることが分かった。

一方、実験石器の三次元計測データから実測した石器の湾曲値を最大長で商を求めたもの（湾曲率）と衝撃剥離発生パターンの関係を確認したが、特定の関係性を見出すことができなかった（第1.34図）。

石器の最大厚について衝撃剥離の類型との関係をみると、第1.7表のようになる。先述したとおり最大厚が薄い個体ほど発生数そのものが多いが、それぞれの類型には出現パターンに差異が認められる。A類・C類・D類はおおよそ最大厚の中央値（BP09・BP19）より低い側に発生する傾向があり、B類は明瞭な傾向ではないが最大厚が厚い側に分布する。この中でもC類（横断折れ）が薄い個体に発生する傾向は顕著であり、D類の中のいくつかはそれに付随するものと考えられる。また、CR類は最大厚の数値に関係しない出現パターンを示している。

最後に、衝撃剥離が発生しなかった２個体（BP07・BP17）については、利用石材による違いを指摘しておきたい。これらは黒色を呈する硬質な石質という点で他の実験石器と異なり、また相対的なサイズも大きいことが影響したと考えられる。

3. 線状光沢および使用痕の観察

肉眼で観察される衝撃剥離とは別に、刺突や投射によって器面に生じることが知られる微細な線状痕・線状光沢（Moss and Newcomer 1982、Rots 2013）を微細衝撃線状痕（Microscopic liner impact traces: MILTs）とし、顕微鏡で観察した。観察機材には OLYMPUS 社製金属顕微鏡 BX51M と KEYENCE 社製デジタルマイクロスコープ VHX-1000 を使用し、倍率は 100 倍～ 500 倍で観察・記録した。同時に、着柄にともなう光沢や摩耗などを含め、肉眼および低倍率の観察では認識できない使用痕の検出を試みた。

結果として、計５点の実験石器に６か所の線状光沢が確認された（第 1.35 図～第 1.40 図）。

BP01 では先端の腹面に発生した２段階の縦溝状剥離の内部で、その境目にまたがるように明瞭な線状光沢がみられる（第 1.35 図 b）。自らの破片との接触が成因と考えられる。BP03 では先端を横断するように腹面側に発生した縦溝状剥離の末端から、器体中央にかけて伸びる線状光沢がみられる。微弱ではあるが直線的で、刺突の方向と一致する（第 1.35 図 d）。BP01 同様に縦溝状剥離の破片と接触したことで生成されたと考えておきたい。

BP13 では BP01 と類似の先端腹面側の縦溝状剥離が発生しているが、線状光沢がみられたのは、その末端付近の腹面上である（第 1.38 図 d）。方向は基軸に対して直交であることに注意したい。BP14 には２か所の線状光沢が確認された。横断割れによって分割された器体の腹面に基軸と平行に伸びる２本の線状光沢（第 1.39 図 c）と、折れ面のやや高い部分に発生した短い帯状の光沢（第 1.39 図 b）がみられる。

着柄にともなう痕跡は確認できなかったが、この要因としては着柄された期間がごく短く、また石器の基部はほぼ全体が膠着材で覆われた状態となり、継柄や皮紐と直接的に接する面が少ないことが挙げられる。衝撃剥離痕や線状光沢が観察できなかった試料でも、先端付近に対象物のウシの骨が粉末状に付着したものが観察された（BP07・BP20 など）。洗浄前にはより顕著であった痕跡であり、シカの毛やゼラチン塊の残滓なども同様に確認されていた。

4. 刺突対象物の観察

全ての刺突において、シカ皮・ゼラチン塊を貫通してウシの肩甲骨に実験石器の先端あるいは側縁が接触した。ゼラチン塊の入射側表面には、石器の幅とほぼ同程度の傷が残り、貫通しながら骨に接する側に向けて痕跡が小さくなっていく様子が多く確認された（第 1.19 図）。一方、入射後に実験槍が大きく動いた場合や、骨の表面を滑った場合などは、ゼラチン塊を大きく破壊するような痕跡が残った（第 1.42 図）。

骨を貫通した個体はなかったが、表面に破損した実験石器の小破片が突き刺さる場合や、骨の曲面を滑った結果、長い傷跡を残すものなど多様な痕跡が観察された（第 1.41 図）。点的に小破片が突き刺さるものは先端の潰れ（Crushing）や先端から生じる縦溝状剥離・彫刀面状剥離にほぼ対応し、骨の表面に長い傷跡を残す場合は石器の側縁に骨が粉末状になった残滓が確認された（第 1.43 図）。

第４節　分析結果の考察

衝撃剥離および線状光沢の出現状況を刺突実験中の状況と照合しながら観察・考察した結果として、資料解釈に用いる上で特筆すべき点を２点述べる。

1．C 類の発生機序について

第一に、衝撃剥離の分類ではＣ４類となり非指標的とされる横断的なスナップ割れについて、その発生機序に関する知見が得られた。今回の実験では、継柄の台座に着柄した実験石器が、刺突時に継柄（L 字状台座）の先端部分で折損するという事例が多く見られた（BP04, BP10, BP13, BP14）（第 1.40 図）。反対に、L 字状台座の内側で折損する例は見られなかった。これらは刺突の衝撃によって C 類の破損が発生することを示すとともに、

その位置が継柄など着柄構造部と石器との接触限界ラインを示唆する可能性が指摘できる。今回の場合は石器の腹面側のみに着柄構造部（L字状台座）が接触しているため、その先端を力点として折れが生じたものと考えられる。また、折れの末端がヒンジ・フラクチャーやフェザーを呈するとき、それらの伸び方が着柄の台座部分を避けるように進む現象も確認できた（BP13、第1.44図a）。1点（BP13）を除いて剥離角がHorizontalであることから、実験石器の湾曲とL字状台座の支えが対向する位置にあることが原因のひとつとして考えられる。

限界ラインより上で折損する例も当然ながら確認されるが、その場合はA類やB類、Crushingなどが先端に発生し、高頻度で副次的剥離を伴う。これらは主に対象物との接触点を力点とした破損と考えられ、実験石器の破損には複数の要因が働いていることが示唆されている。継柄の先端で折れた実験石器のうち、台座に残った側の破片には、その折れ面から副次的な割れ（D類）が生じないことも特徴のひとつである。これらは実験後に継柄から外すまで皮紐や膠着材に守られた状態であるため、折れた破片同士の接触などによる副次的な割れが生じにくいものと思われる。

2. 剥突痕跡と実験条件の関係

第二に、実験で得られた痕跡のパターンが一様ではなく変異があることについて、実験条件との関係において考察する。

まず、先行研究において実験槍の手持ちによる刺突では、弓矢や投槍器の速度での投射に比べて衝撃剥離の規模が小さく、発生数も少ないことが指摘されている（佐野・大場 前掲）。本実験でも実験石器の先端に小規模な縦溝状剥離やCrushingが発生する例が特徴的に見られた一方で、器体が複数に分割される横断的な折れや、先端から15㎜を超える縦溝状剥離が伸びる個体も確認される。長大な剥離を含めて、衝撃剥離と線状光沢は腹面側に発生する傾向が認められる。発生数も最大で6個、平均で2個となる。線状光沢については、5点に計6か所が確認された。発生した方向は刺突角が水平のときに基軸と平行で、垂直のときには直交方向となるが、要因の検討には数が足りない。発生した箇所から考えて、破片同士が接触して生じた可能性が高く、BP03のように長大になる例も注目に値する。

このように多様な痕跡がみられる一方で、佐野ら（2015）の実験において高速投射で発生していた基軸方向での器体の分割や、背面中央に発生する縦溝状剥離などの特徴はみられない。これらは手持ち槍での刺突と高速投射との間に現れる、信頼度の高いパターンの差異と考えることができる。同条件での投射実験を実施しなければ投射速度による痕跡の発生パターンの変化までは言及できないが、少なくとも、条件によっては手持ちによる刺突槍でも大規模な痕跡が高い頻度で生じうることを指摘しておきたい。

分析結果で述べたように、主な実験条件として設定した主軸の重さは、刺突痕跡の発生パターンに有意な差をもたらさなかった。両者の差は200gであり、継柄に装着した状態の実験石器が平均105gであることから、その約2倍の差があったことになる。運動エネルギー（KE）の計算式（第1.4図）からは運動する物体の質量よりも速度の方がより影響することが分かるが、今回の結果はどの程度の重量差が実際に影響するかの指標として有効と考える。加えて、刺突という動作の場合、槍の柄（主軸）が保持された状態で対象に干渉し、また押し付けなどの動作もあるため、その際の運動エネルギーは想定したような単純な傾向をしめさないことが考えられる。むしろ軽い柄の方が長い（大規模な）衝撃剥離が生じていることからは、単純な重さや速度の計算だけではなく、柄の長さなどによって取り扱いの容易さや力の伝わり方が変化したことも想定しなければならない。被験者からの聞き取りでは、重い柄の方が全体のバランスとして安定するが、軽い柄の方が短いため扱い易いという意見も出ている。

反対に、実験石器そのものの属性は、痕跡の発生パターンに直接影響したと考えられる。石器の最大厚をはじめとするサイズと衝撃剥離の長さが反比例する関係にあったことに加え、石器石材の差が衝撃剥離の発生数に影響していたことなどから、石器がもつ耐久性（durability）が大きく関わることが指摘できる。実際は石器のサイズに合わせて着柄構造が調整されるだろうことを鑑みても、石器の耐久性を重みとして考慮した狩猟痕跡の解釈がなされる必要があるかもしれない。とくに実験石器のモデルとした大型石刃製の基部加工ナイフ形石器は、そのサイズのバリエーションが特徴のひとつに数えられる。この意味を機能形態学的に考えていくうえでは、可搬性や多用途性の問題に加え、耐久性の面から資料にみられる使用痕の有無や頻度に対する解釈の軸を追加することが可能になるだろう。

第５節　小結

実験結果にみられる痕跡のパターンは、複数の制御条件の複合的な因子によって説明される。本実験によって示された傾向は、出土資料の解釈に有用なデータといえるが、応用に際しては越えるべき課題も多い。最終的な痕跡はいずれかの因子によって決定されるものではなく、因子間の関係を明らかにするにはさらなる検討が必要となる。今回の試みも無数に想定される中から選択した条件での実験であることに留意し、違う条件でも同様の結果になる可能性や、条件同士の組み合わせによって結果が変わる可能性を意識することが求められる。

この意味で、本実験では動作や着柄構造などによる影響の他に、石器そのものの属性と痕跡のパターンとの間に関連が見いだせたことは大きな成果といえる。これは頁岩という石材の範囲内であれば、ある程度まで広範な資料に応用できると考える。指標的な衝撃剥離や線状光沢などの観察による狩猟研究と組み合わせる形で、石器の形態やその組成、非指標的な破損など、より多角的な視点から遺跡間で展開された狩猟活動の動態について言及することが可能になるだろう。

謝辞

実験にあたり、実験石器の製作を引き受けてくださった（財）山形県埋蔵文化財センターの大場正善氏、ウシの肩甲骨を提供してくださった仙台市食肉加工場の皆様、実験の進行を補助して頂いた東北大学考古学研究室の学生諸氏にこの場を借りて感謝申し上げます。

第１章註

1.1) 刃潰しされた基部と鋭い先端部という同軸構造をもつ特徴からの推測であり、二側縁加工ナイフ形石器のように「背部」を持たないことから、複数を組み合わせる植刃や逆刺としての使い方（御堂島 1996）は想定されていない。

1.2）狩猟具の速度は貫通力・威力（運動エネルギー）、および対象との抵抗力と比例する。重量も貫通力・威力に対して影響するが、投射のエネルギーが同じである場合には、速度と反比例する関係になる。狩猟具先端の横断面積および外周の値は、重量と基本的には比例関係にあり、貫通力・抵抗力との関係が深い。面積が大きいほど対象に与えるダメージは大きいが、貫通力は落ちる。こうした関係の中で、保有する狩猟具製作技術や投射技術、あるいは動物相（狩猟対象獣）や入手可な石材などの環境要因に応じて、狩猟具は総体としてデザインされたことが想定できる。また、速度・重量・サイズ（TCSA）以外にも、先端の形状、立体形状の湾曲やねじれ、衝撃に対する耐久性・剛性などが狩猟具としての機能に関わる。

1.3）　石器の代表的な着柄方法には他に根ばさみ式やソケット式があるが（Shea et.al 2001）（第 1.14 図）、今回の着柄対象である基部加工ナイフ形石器はサイズのバリエーションが大きく、また腹面基部側のバルブの発達や長軸方向の湾曲も大きいため、ソケットの穴などに対して同様の条件で固定するのは困難と判断し、台座式を選択した。この知見は考古資料にみられる規格性や石器の基部加工の意図などを考察する際にも有用と思われる。

1.4）　この中で C4 は非指標的な衝撃剥離とされ、また二次加工の後から発生していることが明瞭でない C 類も非指標的とされる（佐野 2011）。また D 3 類は踏みつけや製作時・運搬時の割れなど狩猟以外のコンテクストとの混同を考慮しなければならないため、非指標的とされる。

引用文献

安斎正人 2007「「ナイフ形石器文化」批判―狩猟具の変異と変遷―（前編）」『考古学Ⅴ』安斎正人編 pp.1-32

安斎正人 2008「「ナイフ形石器文化」批判―狩猟具 の変異と変遷―（後編）」『考古学 Ⅵ』安斎正人編 pp.119-135

鹿又喜隆・佐野勝宏編　2016『最上川流域の後期旧石器文化の研究３　高倉山遺跡』東北文化資料叢書第９集 考古学資料

熊谷亮介 2018「頁岩製石刃の製作遺跡と消費遺跡に関する形態学的研究―山形県域の遺跡間比較から―」『東北日本の旧石器時代』東北日本の旧石器文化を語る会．六一書房 pp.205-218

坂下貴則 2006「ニホンジカを標的としたナイフ形石器装着の複製槍による刺突実験」『動物考古学』23 pp.55-67

佐野勝宏 2011「石器に残される狩猟痕跡認定のための指標」『考古学ジャーナル』614　pp.20-25

佐野勝宏・大場正善 2014「狩猟法同定のための投射実験研究 (2)―背付き尖頭器―」『旧石器研究』10 pp.129-149

佐野勝宏・傳田惠隆・大場正善 2012「狩猟法同定のための投射実験研究 (1) ―台形様石器―」『旧石器研究』8 pp.45-63

佐野勝宏・洪惠媛・張思熠・鹿又喜隆・阿子島香・柳田俊雄　2013「山形県高倉山遺跡出土ナイフ形石器に残る狩猟痕跡の研究」『Bulletin of the Tohoku University Museum』11 東北大学総合学術博物館 pp.45-76

須藤隆司 2017「石刃技術革新―日本列島における「真正な」石刃技術の成立過程―」『理論考古学の実践Ⅱ実践編』安斎正人編 同成社 pp.91-115

田村隆 2011「旧石器時代から縄文時代の狩りの道具」『貝塚』67 pp.1-31
御堂島正 1991「石鏃と有舌尖頭器の衝撃剥離」『古代』92 pp.79-97
Ellis, C.J., 1997. Factors influencing the use of stone projectile tips: an ethnographic perspective. In: Knecht, H. (Eds.), *Projectile Technology*. Plenum Press, New York and London, pp.213-240.
Fischer, A. et al., 1984. Macro and micro wear traces on lithic projectile points. *Journal of Danish Archaeology*. 3, 19-46.
Hughes, S.S., 1998. Getting to the point: evolutionary change in prehistoric weaponry. *Journal of Archaeological Method and Theory*. 5(4), 345-403.
Hutchings, W.K., 2016. When Is a Point a Projectile? Morphology, Impact Fractures, Scientific Rigor, and the Limits of Inference. In: Iovita, R., Sano, K. (eds.), *Multidisciplinary Approaches to the Study of Stone Age Weaponry*. Springer, New York. pp.3-12.
Moss, E., Newcomer, M., 1982. Reconstruction of tool use at Pincevent: microwear and experiments. *Studia Prehistrica* Belgica. 2, 389-312.
Rots, V., 2013. Insights into Early Middle Paleolithic tool use and hafting in Western Europe. The functional analysis of level a of the Early Middle Paleolithic site of Biache-saint-Vaast (France). *Journal of Archaeological Science*. 40, 497-506.
Rots, V., Plisson, H., 2014. Projectiles and the abuse of the use-wear method in a search for impact. *Journal of archaeological science*. 48, 154-165.
Sano, K., 2009. Hunting evidence from stone artifacts from the Magdalenian cave site Bois Laiterie, Belgium: a fracture analysis. *Quartär*. 56, 67-86.
Sano, K., 2012. Functional variability in the Magdalenian of north-western Europe: a lithic microwear analysis of the Gönnersdorf K-II assemblage. Quaternary International. 272-273, 264-274.
Sano, K., 2016. Evidence for the use of the bow and arrow technology by the first modern humans in the Japanese islands. J*ournal of Archaeological Science Reports*. 10, 130-141.
Sano., K., Denda, Y., Ooba, M., 2016. Experiments in Fracture patterns and Impact velocity with Replica Hunting Weapons from Japan. In: Iovita, R., Sano, K. (eds.), *Multidisciplinary Approaches to the Study of Stone Age Weaponry*. Springer, New York. pp.29-46.
Sano, K., Ooba, M., 2015. Backed point experiments for identifying mechanically-delivered armatures. *Journal of Archaeological Science*. 63, 13-23.
Shea, J.J., Davis, Z., Brown, K., 2001. Experimental tests of Middle Paleolithic spear points using a calibrated crossbow. *Journal of Archaeological Science*. 28, 807-816.
Shott, M.J., 1997. Stones and shafts redux: The Metric Discrimination of Chipped-Stone Dart and Arrow Points. *American Antiquity*. 62, 86-101.
Thomas, D.H., 1978. Arrowheads and Atlatl Darts: How the Stones Got the Shaft. American
Antiquity. 43, 461-472.
Wadley, L., 2005. Putting ochre to the test: replication studies of adhesives that may have been used for hafting tools in the Middle Stone Age. Journal of Human Evolution. 49, 587-601.

Thrusting experiments with stone-tipped hunting weapons

Ryosuke KUMAGAI

Objective

The base-retouched point is a kind of lithic artifact recognized characteristically in northeastern Japan during the Upper Paleolithic period. This lithic point is believed, according to breakage pattern blot analysis, to have been used as a spearhead when hafted to a wooden shaft. The aim of this experiment is to elucidate characteristics of the points and their breakage patterns in relation to the concrete behaviors of Paleolithic hunter-gatherers. Particularly, the main emphasis is on the size and weight effects of shafts on the breakage patterns of the points.

Methods

Base-retouched point replicas and targets

Using siliceous shale, the author prepared 20 replicas of base-retouched points. After Dr. Masayoshi Oba (Yamagata Prefectural Center for Archaeological Research) manufactured the replicas on the author's request, the replicas were hafted to wooden foreshafts using animal glue mixed with red iron oxide for cementing. Half of the replicas were connected to lighter shafts. Others were attached to heavier shafts.

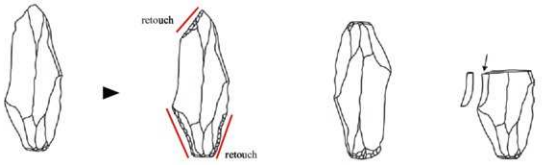
We took photographic, drawing, and 3D measurement records of the replicas before and after the experiments. Targets were constructed from animal bone, ballistic gelatin, and animal hide.

Thrusting experimentation

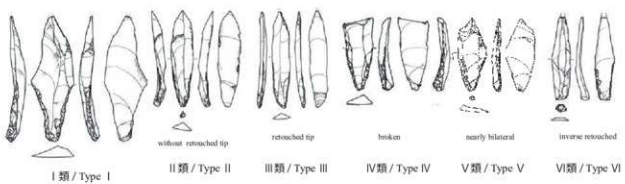
All specimens were numbered. An experimenter thrust a spear into the target from a distance of 1.0 m. First, the replicas with lighter shafts were used by 3–5 experimenters of different body weights. Then the replicas with heavier shafts were used similarly.

Results

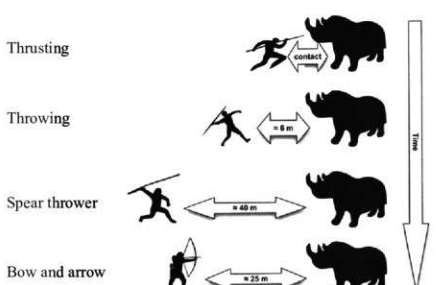
The experiments yielded several points of useful information elucidating the relation between human behavior and stone artifact breakage patterns. First, against our expectations, we found no significant difference of breakage patterns of replicas according to the shaft weight. In fact, the replica size strongly influences their breakage patterns. The larger and heavier replicas show greater durability. Characteristics of lithic raw materials and experimenters and methods of hafting also affect the breakage patterns. These results underscore useful aspects and criteria for interpreting excavated stone tools from archaeological sites.



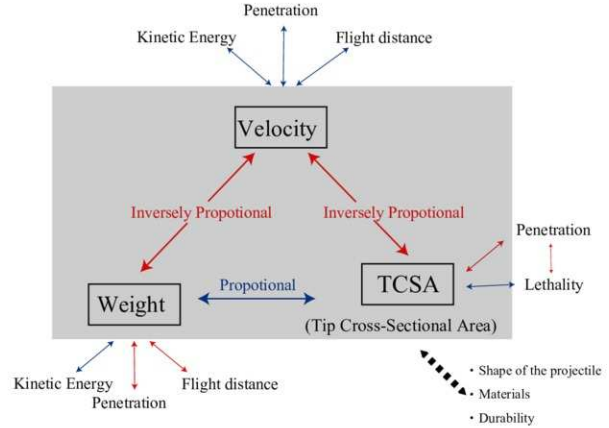
第 1.1 図　石刃の加工形態
Figure 1.1　Diagrams showing tool shapes in blade industry.



第 1.2 図　山形県高倉山遺跡出土基部加工ナイフ形石器の分類
Figure 1.2　Classifications of base-retouched knives excavated from the Takakurayama site.



第 1.3 図　狩猟具の投射法と有効射程 (Iovita et al. 2016 をもとに作成)
Figure 1.3　Graphical illustrations of the four measure weapon delivery types and their effective distances (based on Iovita et al. 2016).



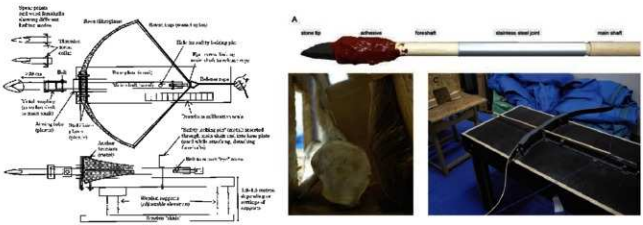
$$\text{Penetration} = \frac{\text{Mass (M)} \times \text{Initial striking velocity } (V_0)}{\text{TCSA} \times C}$$

C: a dimentional contact referring to the shape of the projectile.
V_0: Initial striking velocity
V : Velocity
K_d: Drag cofficient, shape, surface roughness, etc.

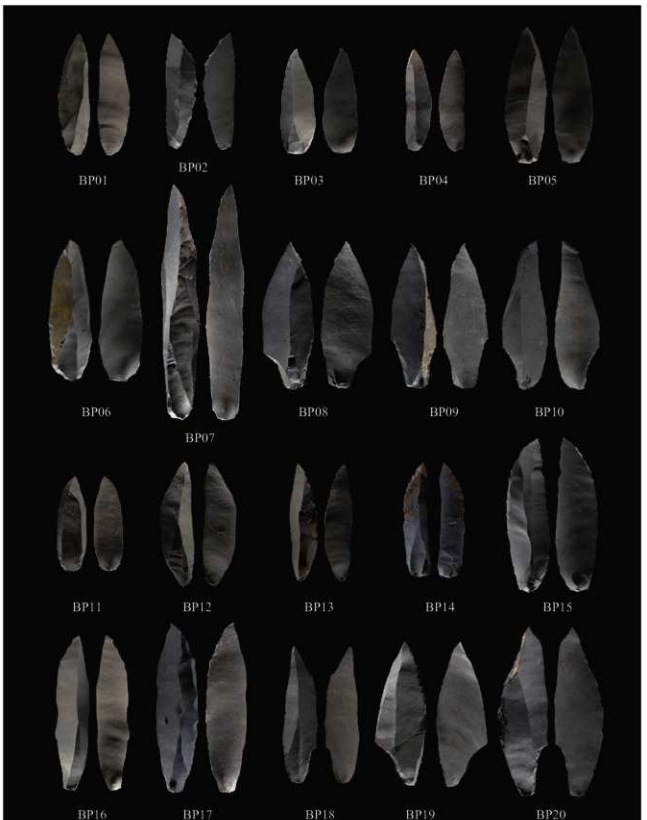
$$\text{Kinetic Energy} = 0.5MV^2$$

$$\text{Drag} = 0.5(K_d \times \text{Density of medium} \times \text{TCSA} \times V^2)$$

第 1.4 図　狩猟具（投射体）の属性と効力の関係
Figure 1.4　Relationship between projectile's properties and their effects.



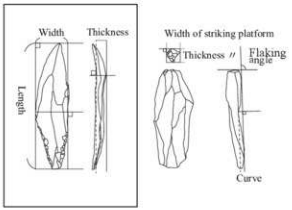
第 1.5 図　投射実験における機械式投射制御（左：Shea 2001、右：Sano & Oba 2015）
Figure 1.5　Projectile experiments using calibrated crossbow.



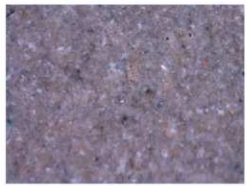
第 1.6 図　実験に使用したレプリカ石器
Figure 1.6　Replicated base-retouched points for thrusting experiment.

第 1.1 表　実験石器の基本属性と実験条件
Table 1.1　Morphometric summary of replicas and experiment conditions.

No.	Length (mm)	Width(mm)	Thickness (mm)	Weight (g)	Weight (g) After hafting	TCSA (mm ^{2})	Point angle1	Point angle2	Curve(mm)	Curve-ratio	Retouch	Way	Angle	Notes	Experimenter
BP01	108.4	28.2	8.4	24.4	87.3	118.4	50	41	1.93	1.91%	base&R-point	Heavy shaft	Horizontal		A
BP02	103.2	27.5	12.4	35.8	98.4	170.5	49	40	0.12	0.12%	bilateral-R	Heavy shaft	Vertical		B
BP03	92.6	29.4	10.0	23.3	81.6	147.0	52	28	2.31	2.70%	base&L-point	Heavy shaft	Horizontal		C
BP04	90.4	22.3	4.9	9.0	67.6	54.6	45	22	2.33	2.68%	base&L-point	Heavy shaft	Vertical		D
BP05	116.4	34.1	13.5	41.5	109.5	230.2	54	36	2.66	2.45%	base&R-point	Heavy shaft	Horizontal		E
BP06	119.9	35.9	13.6	63.6	136.1	244.1	72	30	3.39	3.26%	base&L-point	Heavy shaft	Vertical	Cortex micro breakage on the point	A
BP07	203.2	30.3	6.4	91.3	163.4	97.0	48	35	5.59	2.86%	base&R-lateral	Heavy shaft	Horizontal	Black shale	B
BP08	129.9	44.5	17.4	79.2	140.5	387.2	58	30	1.36	1.10%	tanged&R-point	Heavy shaft	Vertical		C
BP09	128.9	30.2	10.5	54.6	112.3	158.6	50	26	4.49	3.68%	tanged&R-point	Heavy shaft	Horizontal		D
BP10	131.9	39.7	9.5	48.6	117.1	188.6	55	54	6.05	5.02%	tanged	Heavy shaft	Vertical		E
BP11	82.5	24.9	6.8	17.2	70.9	84.7	61	31	2.12	2.80%	base only	Light shaft	Horizontal		A
BP12	107.5	27.2	13.4	29.9	88.2	182.2	49	30	0.83	0.81%	base&R-point	Light shaft	Vertical		B
BP13	101.9	24.1	6.6	17.6	71.7	79.5	37	26	1.77	1.82%	bilateral-R	Light shaft	Horizontal	Cortex	C
BP14	100.2	21.1	19.1	16.5	78.1	201.5	52	31	2.66	2.80%	base&L-point	Light shaft	Vertical		D
BP15	131.7	34.4	12.4	60.2	122.7	213.3	56	30	2.77	2.25%	base&L-lateral	Light shaft	Horizontal		E
BP16	134.8	28.3	9.2	28.7	85.9	130.2	39	32	5.47	4.24%	base&R-point	Light shaft	Vertical		A
BP17	146.1	35.2	13.3	69.4	123.7	234.1	59	41	5.26	3.82%	bilateral-R	Light shaft	Horizontal	Black shale micro breakage on the pont	B
BP18	122.1	29.9	9.8	29.9	89.8	146.5	36	30	0.83	0.71%	tanged&R-point	Light shaft	Vertical		C
BP19	128.8	42.4	9.5	56.9	120.2	201.4	52	25	0.47	0.38%	tanged&R-point	Light shaft	Horizontal		D
BP20	149.6	43.5	14.9	84.1	145.3	324.1	49	31	5.63	3.96%	tanged&lateral-L	Light shaft	Vertical		E



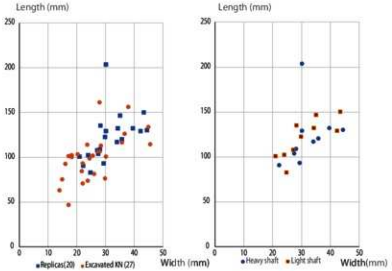
第 1.7 図　石器の計測基準
Figure 1.7 Diagrams showing the measurement method.



第 1.8 図　実験石器の石材表面写真
Figure 1.8 Surfaces of replica's lithic raw materials.

第 1.2 表　実験石器の基本統計量
Table 1.2 Fundamental statics of replica's size.

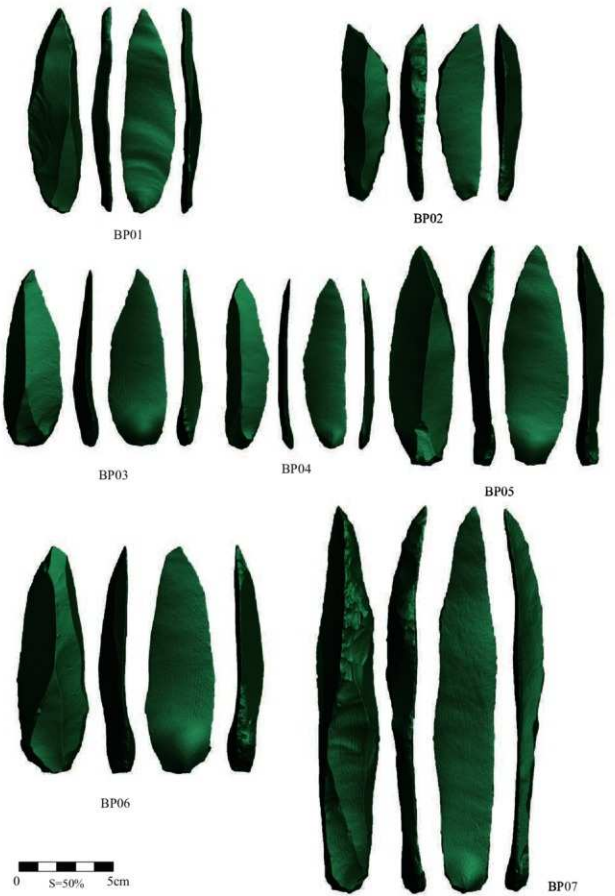
		All (20)
最大長 Length (mm)	Mean	121.50
	Max.	203.20
	Min.	82.50
	SD	26.69
最大幅 Width (mm)	Mean	31.65
	Max.	44.50
	Min.	21.10
	SD	6.90
最大厚 Thickness (mm)	Mean	11.08
	Max.	17.40
	Min.	4.90
	SD	3.71
重量 Weight (g)	Mean	44.10
	Max.	91.30
	Min.	9.00
	SD	24.70
TCSA (mm^2)	Mean	179.67
	Max.	387.10
	Min.	54.60
	SD	81.48



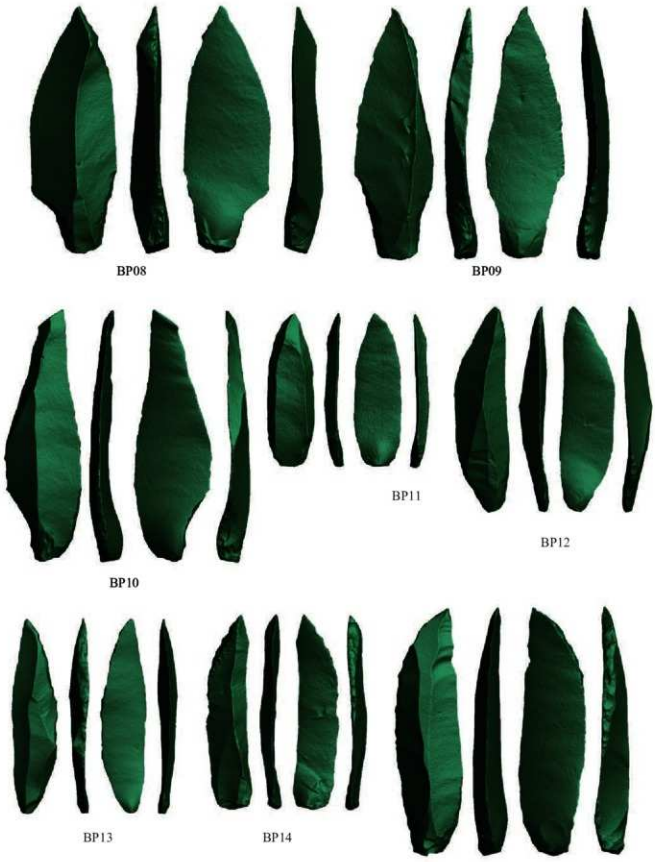
Replicas (20) vs Excavated backed kives (27)
最大長：F test (p=0.865>0.05), eq.var.t test (p=0.0082<0.05)
最大幅：F test (p=0.349>0.05), eq.var.t test (p=0.0180<0.05)
最大厚：F test (p=0.014<0.05), uneq.var.t test (p=0.002<0.05)

Heavy shaft (10) vs Light shaft (10)
最大長：F test (p=0.266>0.05), eq.var.t test (p=0.874>0.05)
最大幅：F test (p=0.635>0.05), eq.var.t test (p=0.729>0.05)
最大厚：F test (p=0.893>0.05), eq.var.t test (p=0.626>0.05)

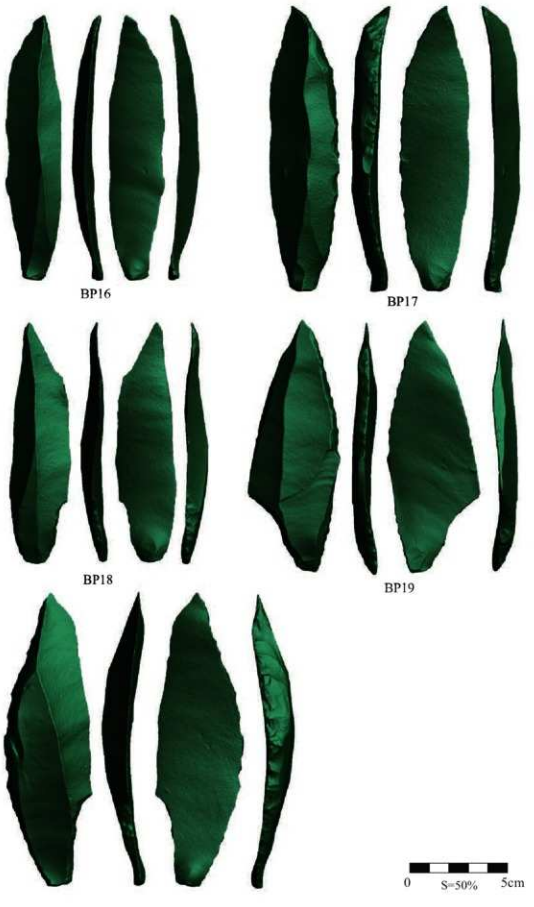
第 1.9 図　実験石器の長幅散布図と分散・平均値の検定
Figure 1.9 Scatter diagrams of length-width retios and results of statistical tests.



第 1.10 図　実験石器の 3D 計測データ (1)
Figure 1.10　Tree-dimentional morphology of replicas.



第 1.11 図　実験石器の 3D 計測データ (2)
Figure 1.11　Three-dimentional morphology of replicas.

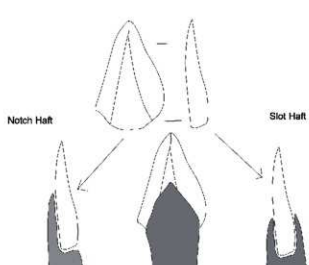


第 1.12 図　実験石器の 3D 計測データ (3)
Figure 1.12　Three-dimentional morphology of replicas.

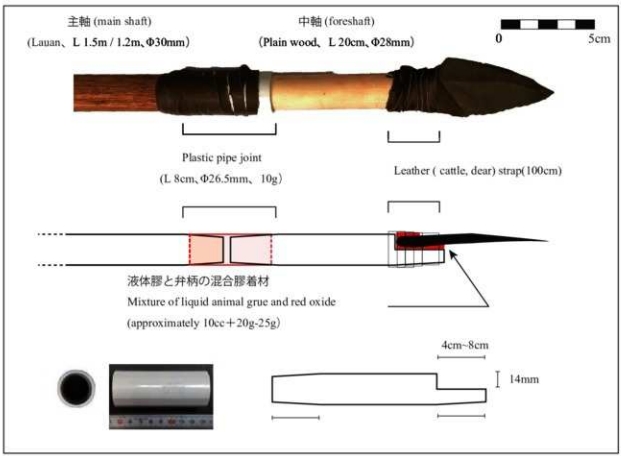
第 1.3 表　実験石器の条件別基本統計量
Table 1.3　Fundamental statistics of replicas by experimental conditions.

		Heavy shaft			Light shaft		
		Horizontal (5)	Vertical (5)	All (10)	Horizontal (5)	Vertical (5)	All (10)
最大長 Length (mm)	Mean	129.90	115.06	122.48	118.20	122.84	120.52
	Max.	203.20	131.90	203.20	146.10	149.60	149.60
	Min.	92.60	90.40	90.40	82.50	100.20	82.50
	SD	31.60	33.57	30.39	19.24	18.26	20.60
最大幅 Width (mm)	Mean	30.44	33.98	32.21	32.20	30.00	31.10
	Max.	34.10	39.70	44.50	42.40	43.50	43.50
	Min.	29.40	22.30	22.30	24.10	21.10	21.10
	SD	5.90	6.69	6.13	6.23	7.73	7.21
最大厚 Thickness (mm)	Mean	9.76	11.56	10.65	9.72	13.28	11.65
	Max.	13.50	17.40	17.40	13.30	14.90	14.90
	Min.	6.40	4.90	4.90	6.20	9.20	6.60
	SD	3.52	3.60	3.51	3.68	3.72	3.67
重量 Weight (g)	Mean	47.00	47.30	47.10	44.30	97.46	41.00
	Max.	91.30	79.20	91.30	69.40	145.30	84.10
	Min.	23.30	9.00	9.00	17.20	78.10	16.50
	SD	25.83	24.57	24.51	19.25	25.46	23.22
TCSA (mm^2)	Mean	150.23	208.90	179.60	162.59	196.90	179.74
	Max.	230.17	244.12	387.10	234.08	324.00	324.07
	Min.	96.96	54.67	54.60	79.53	130.18	79.53
	SD	92.87	90.36	88.12	53.07	69.33	69.64

第 1.13 図　実験槍の二つの主軸
Figure 1.13　Main shafts (heavy and light) for thrusting experimentation.



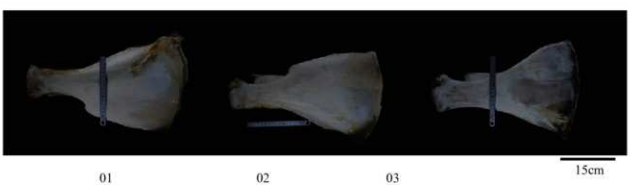
第 1.14 図　狩猟具先端（石器）の着柄方法 (Shea et.al 2001)
Figure 1.14　Variety of the hafting methods of lithic projectile tips.



第 1.15 図　実験石器の着柄方法模式図
Figure 1.15　Diagrams showing the hafting method of replicas.

第 1.16 図　実験石器の着柄写真
Figure 1.16　Replicas hafted to foreshafts.

第 1.17 図　刺突対象
Figure 1.17　Structure of the target.



第 1.18 図　ウシの肩甲骨（実験前）
Figure 1.18　Cattle scapulae.

第 1.19 図　実験石器の破片が刺さったゼラチンとその痕跡
Figure 1.19　Balistic gelatin with a broken fragment of replica.

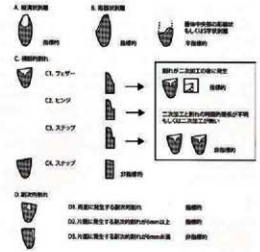
第 1.20 図　刺突方法の連続写真
Figure 1.20　Still images showing the sequence of thrusting method.

第 1.4 表　被験者の属性表
Table 1.4　Height and weight of the experimenters.

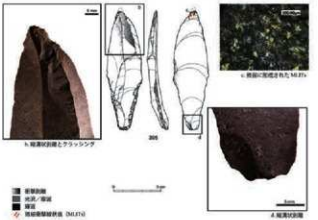
	Height (cm)	Weight (kg)	Sex
A	162	45	M
B	167	70	F
C	162	50	M
D	170	67	M
E	170	70	M

第 1.21 図　実験後の着柄のズレ
Figure 1.21　Alteration of hafting position after experiment.

第 1.22 図　実験後の着柄外し作業
Figure 1.22　Taking off replicas from foreshafts after experiments.



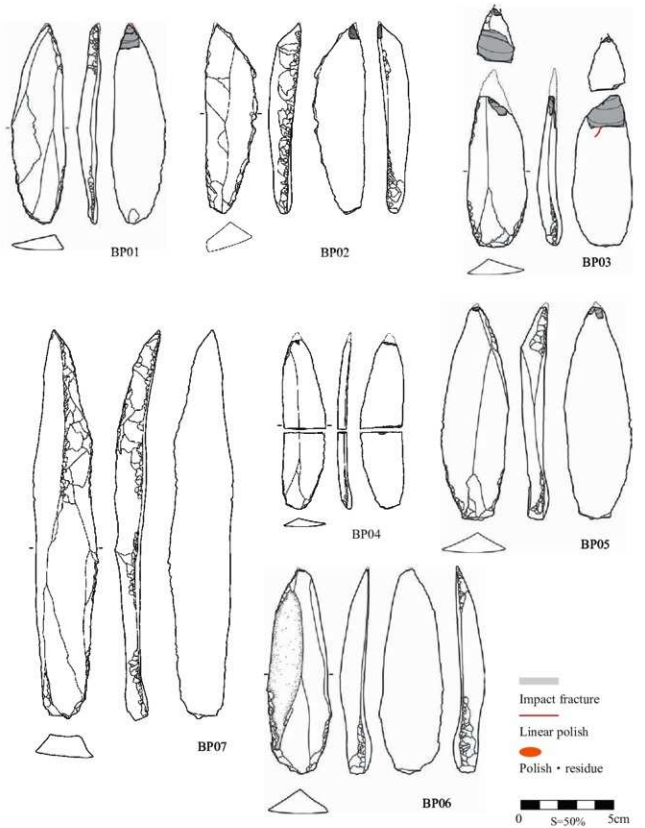
第 1.23 図　衝撃剥離の分類（佐野 2011b）
Figure 1.23　Type of impact fracuture.



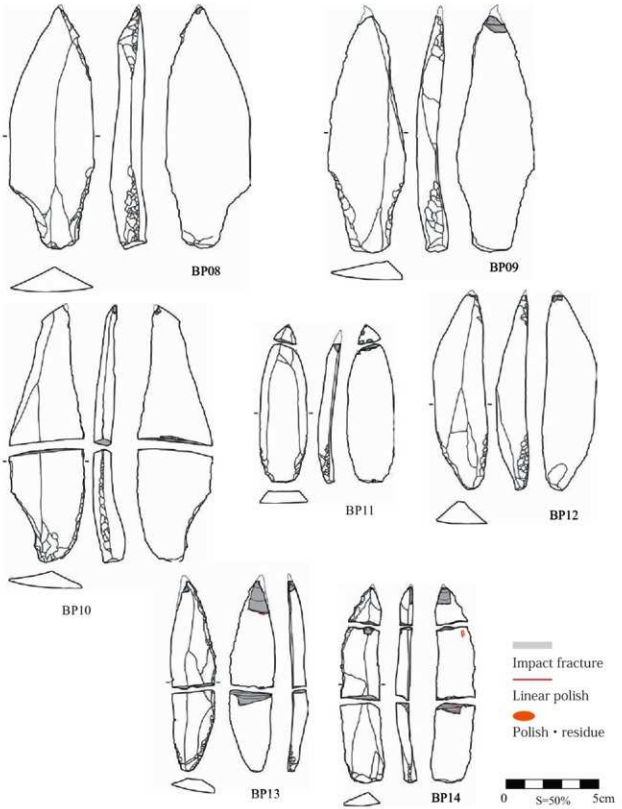
第 1.24 図　高倉山遺跡出土ナイフ形石器
の衝撃剥離（鹿又・佐野編 2016）
Figure 1.24　Impact fractures detected on excavated backed knives from Takakurayama site.

第 1.5 表　刺突実験後の衝撃剥離
Table 1.5　Detected impact fractures on replicas used for thrusting experiments.

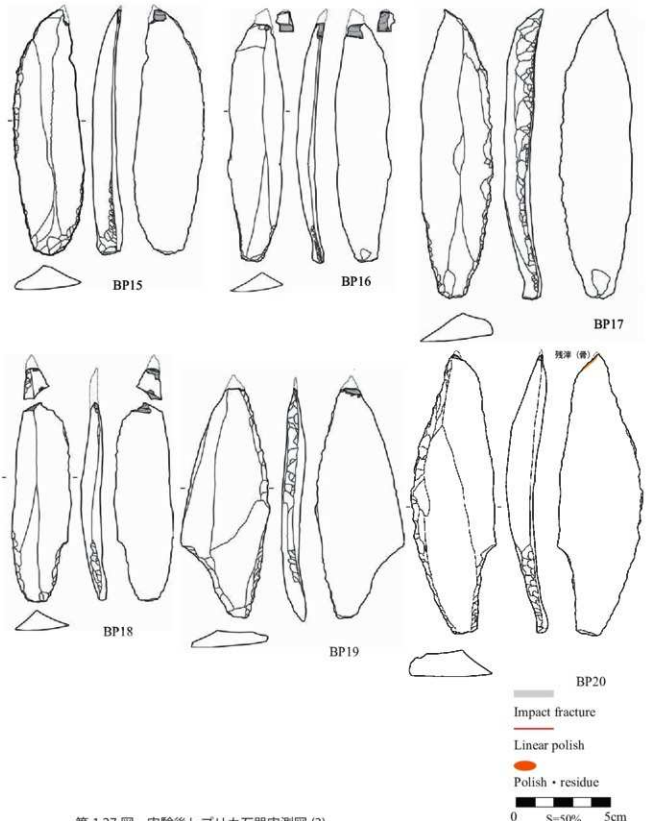
No.		IF type	IF length (mm)	Hafting	発生面	備考
1	BP01	A	12.1		ventral	
2	BP01	A	4.2		ventral	overlapped on No.1
3	BP02	B	7.2		ventral	潜在剥れが進む
4	BP03	A	15.4		ventral	on the retouched point
5	BP03	D1	3.6		bifacial	overlapped on No.5
6	BP03	CR	1.8		bifacial	
7	BP03	D3	1.5		ventral	
8	BP04	C4	-		transverse	
9	BP04	CR	1.5		bifacial	on the point
10	BP04	D3	1.1		ventral	with bending surface on the base side
11	BP04	D3	1.1		ventral	with benfing surface on the point side
12	BP05	A	5.4		ventral	
13	BP05	B	5.2		ventral	
14	BP05	A	1.4		dorsal	
15	BP06	CR	1.2		dorsal	
16	BP08	A	4.1	Falling	ventral	
17	BP08	CR	1.1		lateral	
18	BP09	A	5.6	Falling	ventral	on the retouched point
19	BP10	C4	-		transverse	with bending surface on the base side
20	BP10	CR	2.6		ventral	with benfing surface on the point side
21	BP11	C4	-		transverse	
22	BP11	D3	1.5		ventral	
23	BP12	CR	1.7		ventral	two flakings
24	BP13	A	16.3		ventral	
25	BP13	B	5.1		lateral	
26	BP13	C1	2.2		transverse	on the retouched area
27	BP14	C1	5.7		transverse	
28	BP14	C4	-		transverse	on the retouched area
29	BP14	D3	4.3		dorsal	
30	BP14	D3	1.4		ventral	
31	BP14	A	8.9		ventral	on the point
32	BP14	CR	1.7		dorsal	on the point
33	BP15	B	7.5		ventral	on the retouched point
34	BP16	A	13.7		ventral	
35	BP16	A	7.6		ventral	on the point
36	BP16	D3	3.1		dorsal	
37	BP18	D1	6.6		lateral	
38	BP18	C1	1.9		transverse	
39	BP19	CR			ventral	
40	BP19	A	4.6		ventral	on the retouched area
41	BP20	B	3.6		lateral	
42	BP20	CR	2.2	Falling	dorsal	



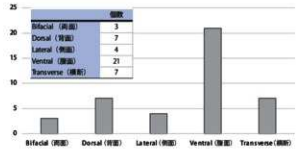
第 1.25 図　実験後レプリカ石器実測図 (1)
Figure 1.25　Drawings of replicas used for thrusting experiments.



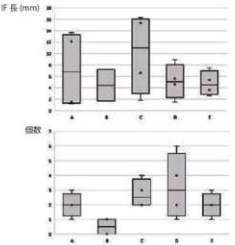
第 1.26 図　実験後レプリカ石器実測図 (2)
Figure 1.26　Drawings of replicas used for thrusting experiments.



第 1.27 図　実験後レプリカ石器実測図 (3)
Figure 1.27　Drawings of replicas used for thrusting experiments.



第 1.28 図　衝撃剥離の出現頻度（発生面）
Figure 1.28　Frequency of IFs by surfaces of replicas.

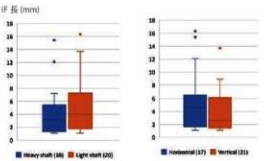


第 1.29 図　被験者ごとの衝撃剥離出現頻度と長さ
Figure 1.29　Relationship between frequency of IFs and experimenters.

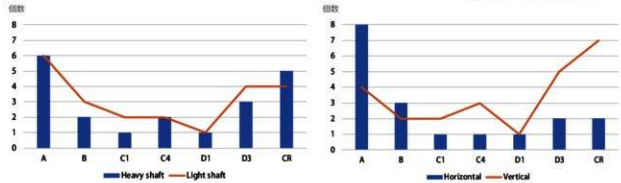
第 1.6 表　実験条件別の衝撃剥離出現頻度表
Table 1.6　Frequency of IFs by experiment conditions.

	Heavy shaft	Light shaft
A	6	6
B	2	3
C1	1	2
C2		
C3		
C4	2	2
D1	1	1
D2		
D3	3	4
CR	5	4
計	20	22（個）

	Horizontal	Vertical
A	8	4
B	3	2
C1	1	2
C2		
C3		0
C4	1	3
D1	1	1
D2		
D3	2	5
CR	2	7
計	18	24（個）

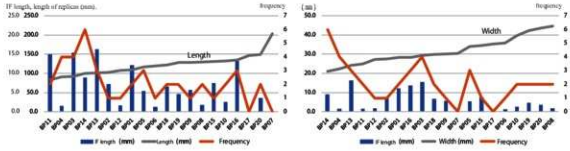


第 1.30 図　実験条件別の衝撃剥離の長さ
Figure 1.30　Box and wisker plot of length of IFs by experiment conditions.

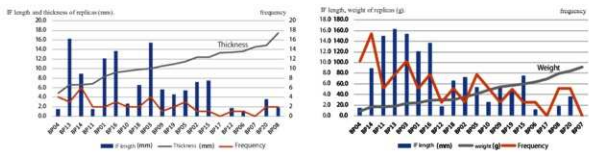


第 1.31 図　衝撃剥離の類型別出現頻度
Figure 1.31　Frequency of IFs by types and experiment conditions..

第 1.32 図　実験石器の基部側に発生する微小剥離
Figure 1.32　Micro flaking appeared on base-side of replicas.



第 1.33 図　実験石器の最大長・最大幅と衝撃剥離発生数・最大 IF 長の関係
Figure 1.33　Relationship between length / width of replicas and frequency / max length of IFs.

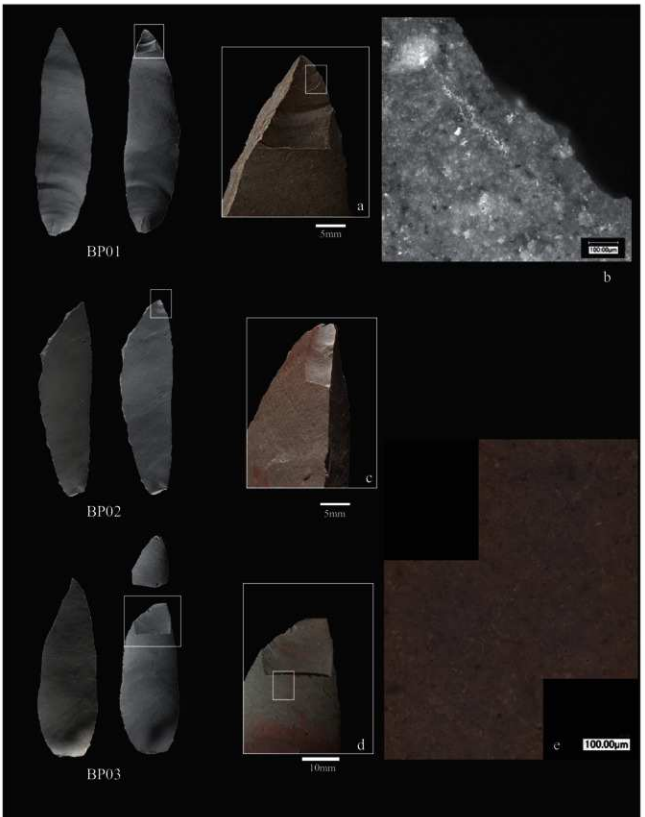


第 1.34 図　実験石器の最大厚・重量と衝撃剥離発生数・最大 IF 長の関係
Figure 1.34　Relationship between thickness / weight of replicas and frequency / max length of IFs.

第 1.7 表　実験石器の最大厚と衝撃剥離類型の関係
Table 1.7　Frequency of IFs types by replica's thickness.

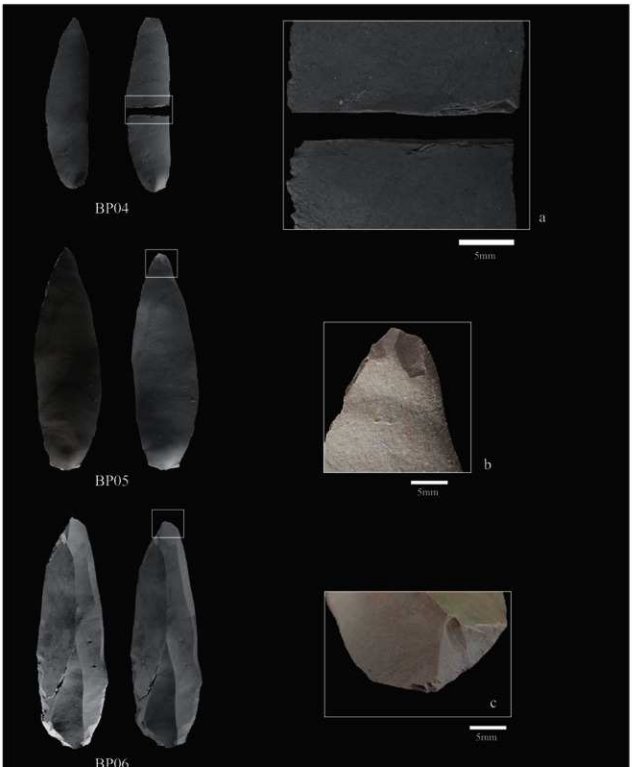
No.	Thickness (mm)	IF.No	IF.Max.length	A	B	C	D	CR
BP04	4.9	4	1.5			2	1	1
BP14	6.6	6	8.9	1		2	2	1
BP13	6.6	3	16.3	1	1	1		
BP11	6.8	2	1.5			1	1	
BP01	8.4	2	12.1	2				
BP16	9.2	3	13.7	2			1	
BP10	9.5	2	2.6				1	1
BP18	9.8	2	6.6			1	1	
BP03	10	4	15.4	1			2	1
BP09	10.5	1	5.6			1		
BP19	10.9	2	4.6			1		1
BP05	11.5	3	5.4	2	1			
BP02	12.4	1	7.2		1			
BP15	12.4	1	7.5		1			
BP17	13.3	0						
BP12	13.4	1	1.7					1
BP06	13.6	1	1.2					1
BP07	14.6	0						
BP20	14.9	2	3.6		1			1
BP08	17.4	2	1.8	1				1

Max.IF.length >12mm
Max.IF.length >6mm



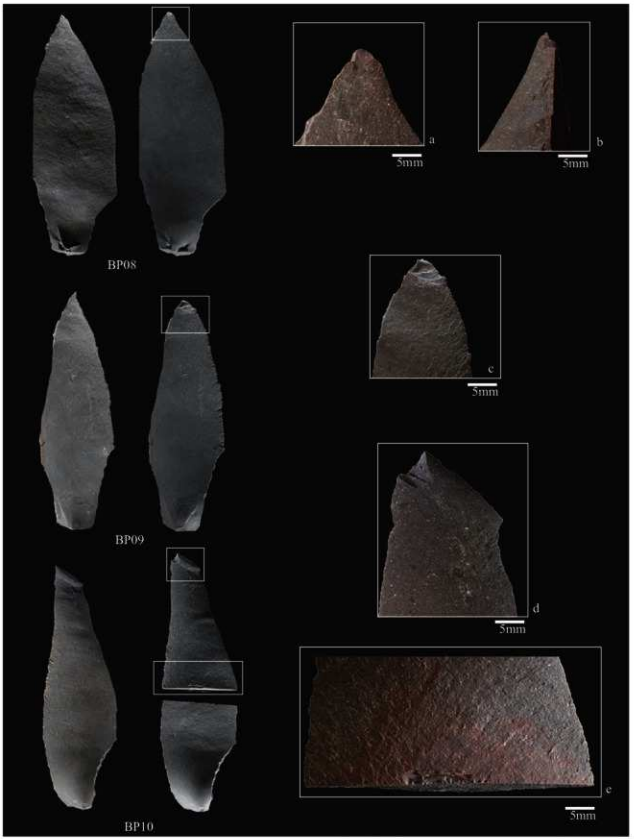
a, c, d：Flute-like fracture
b, e　：Linear polish

第 1.35 図　刺突実験後に生じた痕跡 (1)
Figure 1.35　Traces appeared on replicas after thrusting experiment.



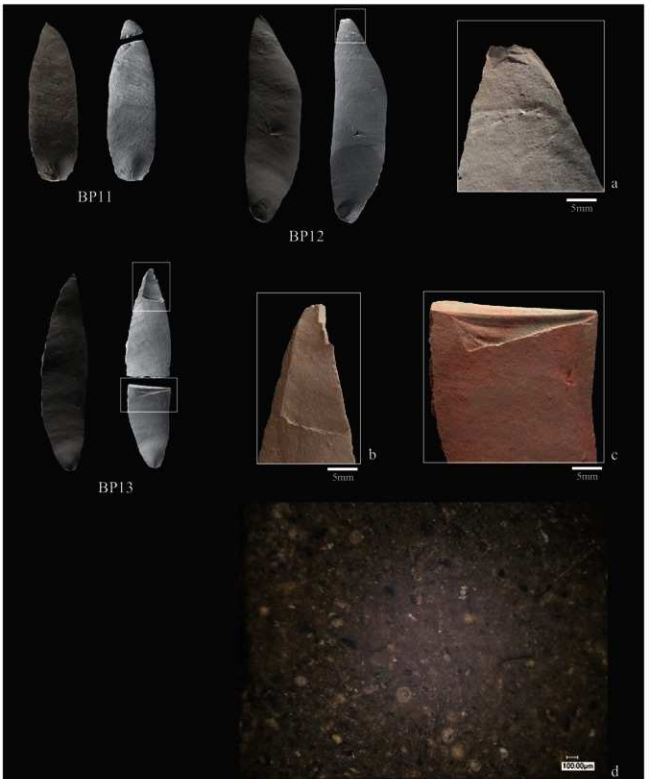
a：Transverse(C4)+spin off (D3)　　c：Crushing(CR)
b：Flute-like fracture＋burin-like fracture

第 1.36 図　刺突実験後に生じた痕跡 (2)
Figure 1.36　Traces appeared on replicas after thrusting experiment.



a, c：Flute-like fracture　　e　：Transverse(C4)+spin off
b, d：Crushing (CR)

第 1.37 図　刺突実験後に生じた痕跡 (3)
Figure 1.37　Traces appeared on replicas after thrusting experiment.

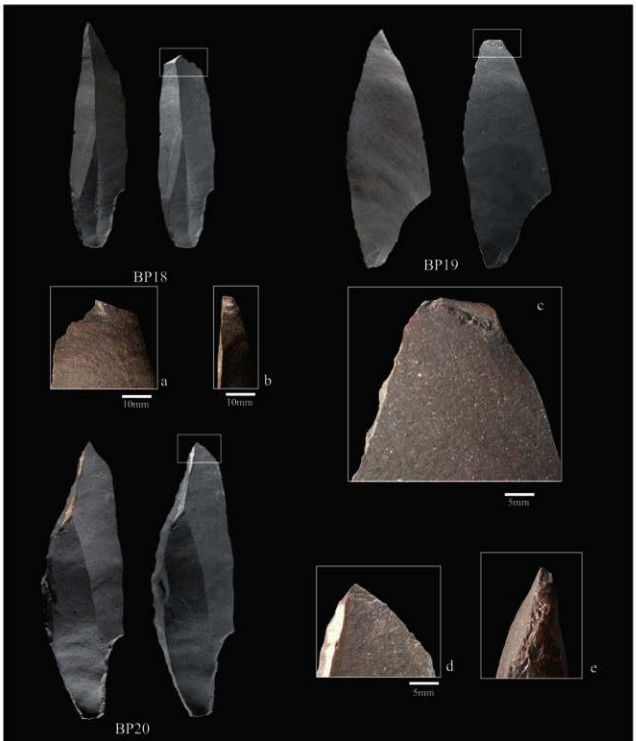


a：Crushing (CR)
b：Flute-like fracture+burin-like fracture
c：Transverse(C1)
d：Liner polish

第 1.38 図　刺突実験後に生じた痕跡 (4)
Figure 1.38　Traces appeared on replicas after thrusting experiment.

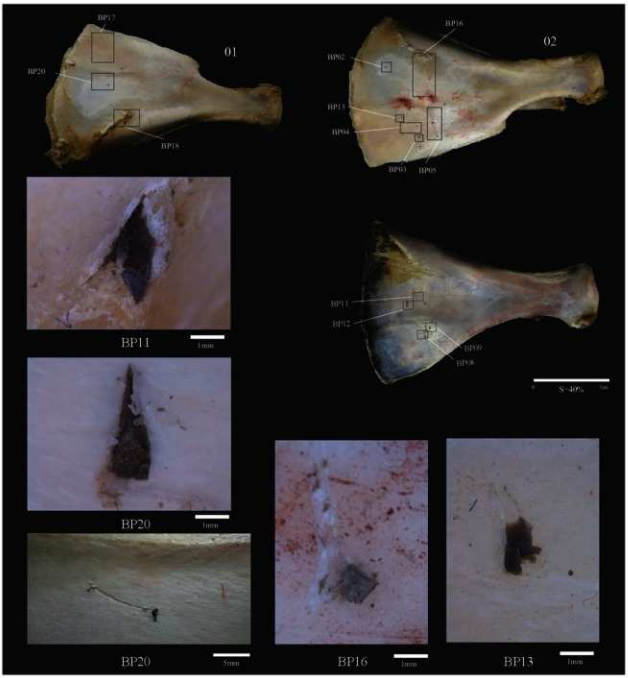
a：Transverse(C4)+spin off
b, c：Linear polish
d：Burin-like fracture
e：Flute-like fracture
f：Spin off

第 1.39 図　刺突実験後に生じた痕跡 (5)
Figure 1.39　Traces appeared on replicas after thrusting experiment.



a, b：Tracsverse (C4)+spin off
c：Flute-like fracture＋crushing (CR)
d：Crushing (CR)
e：Burin-like fracture

第 1.40 図　刺突実験後に生じた痕跡 (6)
Figure 1.40　Traces appeared on replicas after therusting experiment.



第 1.41 図　ウシの肩甲骨に残された痕跡
Figure 1.41　Traces appeared on the target (cattle scapulae).

第 1.42 図　刺突によって破損したゼラチン塊
Figure 1.42　Broken geratin block.

第 1.43 図　側縁に付着した骨の残滓
Figure 1.43　Residue of cattle scapulae.

第 1.44 図　着柄部付近で折損した実験石器
Figure 1.44　Replicas broken near the hafted position.

第２章　土器表面の調整実験
―「ナデ」調整による器面の変化と微細痕跡の観察―

舘内魁生・今西純菜・早川文弥

第１節　土器表面の調整に関する実験

1. 目的と意義

痕跡学[2.1]では、痕跡を人の行為の記録＝情報と見なす（小郷 2012、小松 2013）。これを改めて土器に当てはめれば、土器表面に残る痕跡は、土器製作者個人やその癖、製作道具やその動かし方などを反映している。そして、この痕跡＝情報は、土器製作技術を体系的に明らかにする有効な手がかりである。

これまでも土器表面の痕跡を観察し、製作技術を復元する試みは行われてきた。対象資料は土師器（横山 1959）、弥生土器（佐原 1964、高島 1975）、須恵器（田辺 1981 など）がある。これらの研究では、土器表面の痕跡を類型化し、これに「刷毛目」や「ナデ」など、調整の工具ないし動作をもとに名称を与えた。そして、実測図にこれらの痕跡を描き加えることで、調整方法を土器が持つ情報の１つとして捉えてきた。また、近年では煮沸具の使用痕跡を詳細に研究した小林正史の一連の研究（小林 2011）のほか、民族考古学や三次元マッチング法を応用した観察を行った研究が注目される（中園・平川 2013、平川 2015、太郎良・中園・平川 2016）。

しかし、ススコゲやハケメなどの観察しやすい痕跡の研究は増えているものの、器面を撫でただけのナデ調整に関しては多くの研究の余地が残されている。これは、ナデ調整の痕跡があまりにも一般的に見られることから関心を集めなかったことと、これといった特徴的な痕跡を残さないことが要因であろう。叩きやハケメなどが施されない、古代の土師器・須恵器の小形品などの痕跡研究を進めるためには、このナデ調整の痕跡を研究の素材としていくことが必要である。

ナデ調整を含む器面調整を本格的に扱った研究として村田章人の研究が挙げられる（村田 1990）。村田は実験考古学的な手法により器面調整の方法と痕跡の関係性を示した。土器の器面調整の実態、ひいては土器製作技術全体を解明する上で、重要な基礎研究に位置付けられる。しかし、その後の器面調整に関する実験的研究は（少なくとも日本では）低調であった。筆者らは多岐に及ぶ条件設定や、個人の「くせ」の影響を考慮しつつ、基礎的な実験を繰り返し行うべきであると考える。また、土器の製作技術は文化人類学や民族考古学でも注目される分野であり（後藤 2007 など）、学際的な発展の可能性を秘めている。

本実験は土器表面に見られる多様なナデ調整の痕跡の形成過程を推定することを目的としている。これにより、従来「ナデ」として大雑把に把握されてきた器面調整の技術の観察精度を高め、土器製作技術を体系的に捉えることが可能となる。また、これまで見過ごされてきた製作技術の変遷や伝播を明らかにすることが可能となる。ただし、本実験の結果はあくまで一つの事例であり、土器表面の特定の痕跡に特定の技術を固定的に結びつけるものではない。

2. 実験の方法

(1)「ナデ」の定義

日本考古学で「ナデ」と称しているものには、「ユビナデ」「ヨコナデ」「軽いナデ」など、実に様々なバリエーションがある。

A. O. Shepard (1956) は Ceramics for the Archaeologist の中で、回転台（wheel）を使用しない土器製作過程として、

1. Preparation of the Paste
2. Forming and Shaping the Vessel
3. Finishing the Surface
4. Decorative Techniques
5. Drying
6. Firing

以上の過程を挙げている。この中で、2は日本語の「成形」に相当し、3・4は「施文」「装飾」「調整」に相当すると考えられる。3の項目の中で、Shepardは「最も技術的に単純な調整」として手によって行われるものを挙げている。Shepardが具体例とした民族事例では「土器製作者は土器を成形した直後、濡れた手のひらで土器の周りを回りながら表面をsmoothする。彼らは削る道具や刷毛を使用せず、磨き石は知られていない」とある。この文脈から、smoothingは日本語の「ナデ」、特に道具を使用しないものが相当する。また、「トウモロコシの穂軸」や「磨滅した小石」によって濡れた器面をsmoothすることもあるという。このことから、smoothingは日本語の「ナデ」に相当するものと考えられる。なお、Shepardはpolishing、slipping、decorative techniquesをsmoothingと区別している。

本実験における「ナデ」はこのShepardのsmoothingの概念と同じである。すなわち、「ナデ」とは、土器の調整段階において指ないし工具によって器面をなでる動作で、表面を削る動作や乾燥状態で行う磨き・化粧土・装飾などとは区別される。

(2) 実験の方法

本実験では器面にみたてた粘土板（サンプル）を成形し、粘土の含水率、ナデを行う工具を変えることで、どのようにナデの痕跡が変化するかをみる。これ以外の条件（混和材の量、粘土の産地、焼成方法）は全て同じになるように設定した。

第2.1～2.3図に実験の様子を示す。実験前日14時に粘土を開封し砂粒を混ぜた。再加湿（後述）のものについてはサンプルを成形した後、テンバコで一晩乾燥させた。当日は午前9時半より筆者らが参加者に対して実験の目的・概要・手順について説明を行った。国際ワークショップの一環のため、説明は随時英語と日本語で行った。10時前には再加湿のサンプルから実験を開始した。10時半からは含水率中のサンプルの実験を、11時からは第2節の埴輪の突帯製作の実験を行った。昼休憩をはさみ、13時から埴輪の製作実験の続きを、14時ころからは含水率低・高のサンプルの実験を行い、全ての実験が終了したのは15時半ころである。実験のサンプルは実験後1週間以上乾燥させて焼成した。

先行研究との違い　本実験では村田1990の実験方法を踏襲しつつ、いくつか新しい試みを行った。

まず、個人差による痕跡の違いを明らかにするため、本実験は参加者（ナデを行う個人）を5人とした。これにより、同じ条件・工具のもとで、どのような個人差が生じるかを明らかにできる。

次に工具の種類を変更した。村田1990では石・貝殻・骨製工具・指・皮・木製品ヘラを用いていたが、これを硬滑質工具・軟質工具・ヘラ状工具としてまとめて分析したため、各工具の違いが必ずしも明瞭でなかった。また、古代には布が使用されたとも考えられる。そこで本実験では工具の種類を限定し、工具1（木ゴテ）、工具2（指：タテ方向）、工具3（指：ヨコ方向）」、工具4（皮）、工具5（目の粗い布）、工具6（目の細かい布）の6種類を使用した。

粘土　本実験で使用した粘土はオーブン用粘土（株式会社ヤコ製　オーブン陶土）である。一般的な粘土は野焼きや窯を用いて焼成するが、オーブン用粘土は家庭用オーブンを使用し40分ほどで焼成できる。この粘土を使用することで、焼成時のサンプルの破損や焼成の個体差をなくすことができる。また本実験では粘土の産地・成分の条件を考慮しないため、同じ種類の粘土を使用した。

混和材　粘土に混ぜる混和材は砂粒とした。購入した段階で粘土に砂粒はほとんど含まれていないため、意図的に混和させた。砂粒は仙台市の広瀬川河畔で採集したものを乾燥させて使用した。本実験では砂粒の条件は考慮しないため、1kgの粘土（購入時の重量、加水していない）に対し80gの砂粒を混ぜ合わせたものを全てのサンプルで使用した。

サンプルと試行回数　サンプルは 12 × 8cm、厚さ約 0.8cm になるように成形した。サンプルの重量はおよそ 200g である。第 2.4 図はサンプル上でナデを行う位置と方向を示した図で、参加者にはこれと同じものを提示している。サンプルの左側は 1 回だけ撫でる動作を行い、右側は複数回重ねて撫でる動作を行う。これにより、左側では工具の痕跡単体の様相を確認でき、右側では痕跡が重なった場合の様相が確認できる。

実験の参加者 1 人あたりが、1 種類の工具でナデを行う回数は 1 回である。参加者は 5 人いるため、1 つの工具に対し同じ条件下で撫でたサンプルは 5 点できる。粘土の条件は後述する通り、含水率高・中・低と再加湿の 4 パターンがあるため、1 つの工具あたりのサンプルの総点数は 20 点となる。工具は 6 種類あるため、本実験のサンプルの総点数は 120 点である。

工具　前述の通り、本実験では工具 1（木ゴテ）、工具 2（指：タテ方向）、工具 3（指：ヨコ方向）、工具 4（皮）、工具 5（目の粗い布）、工具 6（目の細かい布）を用意した。木ゴテは現代の陶芸で用いるコテ（小手）を用いた。今回は第 2.5 図に示したような、先端が細くなる加工のされてあるものを選んだ。指はタテとヨコの 2 方向からナデを行った。タテ方向は撫でる方向と指の向きが並行になる状態である。ヨコ方向は撫でる方向と指の向きが垂直になる。皮はシカのものを使用した。皮は十分に柔らかい状態で、表の体毛を取り除き、裏面を使用した。布は麻布を利用した。第 2.5 図にある通り、粗さの異なる 2 種類を使用した。以下、目の粗い布は布①、目の細かい布は布②と呼称する。皮・布については、第 2.2 図にある通り人差し指に工具を巻き付けるような状態でナデを行った。

ナデの程度　本実験ではいわゆる「ケズリ」にならないよう、粘土を削り取らないように参加者にアナウンスした。また、「木ゴテ」については当てる角度をサンプルに対して垂直にするようアナウンスし、なるべく違いが出ないようにした。

含水率の計測　本実験における含水率は

「含水率 =（ナデ直前のサンプル重量−焼成後のサンプル重量）/ ナデ直前のサンプル重量× 100」

以上の式によって求められる。

重量計測には電子上皿天びん（METTLER TOLEDO 社製　PB3002-S）を使用した。計測はナデを行う直前と、焼成し冷却した直後に行った。なお、重量は g で計測し、少数第二位の数字は四捨五入した。

含水率の制御　意図的に粘土の含水率を 3 段階に分けて用意した。含水率の最も低い粘土は砂粒を混和させたのち、14 時間室内乾燥させた。この段階で乾燥が足りないと判断したため、さらに 4 時間乾燥させた。このとき 30 分屋外で日光に当てて乾燥させた（気温 29 度、湿度 78%）。含水率の最も高い粘土は砂粒を混和させたのち 14 時間室内乾燥させ、その後 13kg に対して 800g 加水した。含水率中程度の粘土は砂粒を混和させたのち 14 時間室内乾燥させ、その後は加水も乾燥もしていない。

含水率の高い粘土は非常に柔らかく、長方形のサンプルを成形しても自重でわずかに歪みが生じるものもあった。ただし、いわゆる「ぬた」（液体状の粘土）にはなっていない。

再加湿　再加湿とは「成形後乾燥が進んでから再び器面を湿らせ、なんらかの工程を行うこと」で、器面に水を加えることである（村田 1990）。本実験では次のように条件を設定した。

まず、粘土に砂粒を混和させたのち、サンプルを成形した。これをサンプルの状態で 14 時間室内乾燥させた。この段階で粘土は十分に乾燥していたため、実験を実行した。実験では、"ぬた" が生じるまで粘土の表面を水で湿らし、"ぬた" が付着した状態のままナデを行った。工具の方は湿らしていない。

(3) 観察する属性

観察する属性は次の通りである。属性は村田 1990 を参考にして設定しているが、サンプル形状の分類（①②…）などは、実験後に行った観察の結果を類型化したものである。サンプル上の各部の名称を第 2.6 図に、各分類の模式図を第 2.7 図に示す。「工具痕単位」とは工具でナデを行った痕跡全体を指し、「擦痕」とは工具痕単位の内部に見られるより細かな筋状の痕跡を指す。

※属性 A-d は複数回重複して撫でた際の痕跡を対象としている。

A 工具痕単位（一回の動作における痕跡）

A-a　工具痕単位の幅（最大長）

A-b　工具痕単位とサンプル素地の境界の断面形状と様相
①工具痕のほうがサンプル素地より低くなる
②粘土が盛り上がり断面がなだらかな三角形になる
③粘土が立ち上がり断面が鋭角の三角形になる
④ぬた状粘土によって境界が分かる　⑤境界が不明瞭
A-c　工具痕単位の断面形状
①舟底形　②逆台形　③サンプル素地に対してほぼ平坦
A-d　工具痕単位が重複した場合の縁辺の断面形状と様相
①粘土が盛り上がり断面がなだらかな三角形になる
②境界の粘土が立ち上がり断面が鋭角の三角形になる
③ぬた状粘土の付着によって境界が分かる
④境界が不明瞭
B 擦痕（工具痕単位内のさらに細かい痕跡）
B-a　擦痕の有無、明瞭さ（光を横から当てないと見えないような痕跡は不明瞭）
B-b　擦痕のピッチ（0.5cm の幅で何本の擦痕があるのか）
B-c　擦痕の成因[2,3]
①胎土の細かい粒子によるもの　②工具の凹凸によるもの
C 砂粒の埋没
砂粒の埋没パターン
①完全に埋没するもの　②砂粒に粘土がかかるもの　③粘土がかからず砂粒が突出するもの
D その他の特徴

3. 実験の結果

全てのサンプルの工具痕単体、工具痕重複の箇所の写真を第 2.8 ～ 2.55 図に示す。また、結果は第 2.1 表の通りである。サンプルの写真は写真左方向から強い光を当てて痕跡が見えやすくなるようにしている。光の当たり方の関係で色調に違いが生じている。

A-a 工具痕単位（一回の動作における痕跡）の幅　A-a 工具痕単位の幅は工具によって違いが出た。木ゴテは平均 2.8cm、指タテは 1.1cm、指ヨコは 1.4cm、皮は 1.5cm、布①は 1cm、布②は 1.1cm（いずれも再加湿以外のサンプル）である。

A-b 工具痕単位とサンプル素地の境界の断面形状と様相　木ゴテは境界が不明瞭なものが多く、これは含水率に左右されない。指タテは①サンプル素地より低くなる場合がほとんどで（15 点中 14 点）、これは含水率に左右されない。指ヨコも①の場合が多いが、指タテに比べて⑤不明瞭なものが多かった（指タテ：1 点、指ヨコ：6 点）。また、含水率高では 2 点で部分的に②粘土が緩やかに盛り上がったものが観察できた。含水率中・低でも②の状態が部分的に観察されたが 1 点ずつである。皮は全てで①か⑤境界が不明瞭の場合が観察された。含水率高の場合だけ③粘土が鋭角に立ち上がったものが部分的に観察された。布①は①の場合が多いが、いずれの含水率でも部分的に②になるものがあった（15 点中 5 点）。布②も①の場合がほとんどだが、含水率高と低で 1 例ずつ②になるものがあった。ただし、基本的には①の状態で、部分的に②になる。再加湿の場合は多くの工具で④ぬた状粘土によって境界が明瞭になるものが見られた。再加湿の指タテでは 5 点中 4 点で④の状態が確認された。一方で、布 2 種では④になるものは 1 例しかなく、ぬた状の粘土が確認できなかった。

A-c 工具痕単位の断面形状　木ゴテは含水率に関わらず③サンプルに対して平坦なものがほとんどである（15 点中 13 点）。一方、指タテは 2 例のみ③があったが、これ以外はすべて①舟底形であった。指ヨコでは含水率高・中では③が見られたものの（6 点）、含水率低では全て①となった。皮では①と③がほぼ同数確認できた。また、皮で A-c が③のものは A-b で⑤境界が不明瞭となるものが多く（8 点中 7 点）、相関関係があると考えられる。布①は③になるものが 3 点でこれ以外は全て①舟底形である。布②も同様の結果であった。再加湿の場合は木ゴテでは②逆台形が確認できるが、これは工具痕単位の底面が平らになったものである。指タテは再加湿していないものと傾向は変わらない。再加湿の指ヨコでは③が 3 点ある。布②でも③が 3 点あり半数を超えている。

A-d 工具痕単位が重複した場合の縁辺の断面形状と様相　木ゴテは 15 点中 5 点で④境界が不明瞭だった。これは含水率に左右されない。また、①断面がなだらかな三角形の場合、境界に明瞭な段差が生じるものが見られ

た。指タテはすべて①となった。指ヨコも基本的に①であるが、含水率が低いものでは②粘土が立ち上がるものが4点見られた。皮では④境界が不明瞭となるものが4点確認できたものの、それ以外は全て①である。布2種は基本的に①が多いが、布①の含水率の高いもので④が2点確認できた。また、部分的に②になるものが見られた。再加湿の場合は、どの工具でも③ぬた状の粘土が付着するものが認められた。木ゴテでは明瞭な段差をもち①になる部分が全てで認められた。指タテは再加湿でも①になるものが5点中4点あるが、部分的に③となるものがある。

B-a 擦痕の有無、明瞭さ　全ての工具で擦痕が認められたが、指タテで1例だけ擦痕のないものがあった。擦痕が明瞭だったのは布2種で、不明瞭だったのが木ゴテ・指タテ・皮、明瞭なものと不明瞭なものが混在しているのが指ヨコである。指ヨコは含水率低では全て痕跡が明瞭に認められた。再加湿の場合、擦痕が明瞭だったのは指ヨコ・皮・布2種で、木ゴテと指タテは不明瞭であった。

B-b 擦痕のピッチ　擦痕のピッチをカウントする際、ピッチが10を越えると肉眼でカウントするのが困難になることが分かった。そこで、本実験ではピッチが10を越えカウントが困難なものを「10<」と表現した。また、10を越えるものでもカウントできたものは、その具体的な数字を示してある。木ゴテ・指タテは擦痕が微細で、ほとんど10<である。これは含水率や参加者に左右されない。指ヨコは擦痕が10前後のものが多い。皮はピッチが5と6のものがあるが例外で、基本的に10<である。布①はピッチが5のものが多い。布②はピッチが7前後である。以上の傾向は再加湿でもほとんど変化しない。

B-c 擦痕の成因　擦痕の成因は工具ごとに傾向が分かれた。木ゴテ・指タテは①粘土の粒子によるもの、指ヨコ・布2種は②工具の凹凸によるもの、皮は①と②が混在した。皮の含水率低は①で、含水率中・高は②が多い。また、指ヨコ・布①では擦痕が明瞭な②のものに加えて、①による微細な擦痕も同時に確認された。再加湿したものでは、皮で撫でた場合はすべて①となった。

C 砂粒の埋没　全てのサンプルで③砂粒が突出するものはなかった。木ゴテは全て①砂粒が完全に埋没し、器面に砂粒が観察されなかった。指タテは含水率低のもので②砂粒に粘土がかかるものが多く（5点中4点）、含水率高では全て①であった。また、指ヨコ・皮では②が多く（指ヨコ：15点中13点、皮：15点中11点）、布2種ではわずかに①の方が多い（30点中19点）。再加湿の場合、皮は全て①になる。

4. 結果の考察

A-a 工具痕単位（一回の動作における痕跡）の幅　A-a 工具痕単位の幅は工具の幅を直接的に反映していると考えられる。しかし、どの程度工具をサンプルに接地させるかは個人により違いが生じた。例えば、実際の木ゴテの幅は4cm弱であるので、木ゴテの工具痕単位の幅はこれより小さい。これは木ゴテの接地面全体をサンプルに当てず、片方の角を中心にサンプルに当てていたためと考えられる。そのため、工具痕の幅が狭いほど工具痕単位はより深い痕跡となった。指タテは参加者の指のサイズを反映し、参加者間でほとんど差が認められない。指ヨコは最少0.9cm、最大2cmと2倍以上の数値の分散が認められるが、これは指の腹の部分をどの程度サンプルに圧着させたかの違いだと思われる。

A-b 工具痕単位とサンプル素地の境界の断面形状と様相　A-b は工具の形状と含水率によって痕跡が変化すると思われる。指ヨコと皮では、含水率が高いものほど②断面がなだらかな三角形になるものと③鋭角の三角形になるものが多くなる傾向がみられたが、これは工具によって押された粘土が境界に溜まったものである。含水率が高く、粘土が柔らかい方がこの現象が起きやすいと想定される。再加湿の場合は④ぬた状の粘土が付着するものが多いことが分かった。特に木ゴテ・指タテ・皮では多かったが、布2種ではほとんど観察されなかった。ぬた状の粘土は工具でサンプルを撫でた時に工具痕の境界に押し広げられて付着すると考えられるが、布の場合、布の繊維にぬたが付着しサンプルに残らないようである。

A-c 工具痕単位の断面形状　A-c は A-b と密接に関係している。即ち、A-b で⑤境界が不明瞭だった場合、A-c でも工具痕は③ほぼ平坦になる。よって、工具痕単位の境界の明瞭さは、工具痕単位がどれほどサンプルを凹ませるかという点に左右されると考えられる。また、皮で①船底形と③平坦の場合に分かれたのは含水率ではなく、参加者の個人差によると考えられる。皮を強くサンプルに押し付ければ①になり、それほど力を入れなければ③になる。このように、A-c はサンプルに工具をどの程度押し当てるかによって結果が変化すると考えられる。指

タテと布２種は①船底形が圧倒的に多かったが、これは指の形状がそのまま工具痕単位に反映されたためと思われる。すなわち、指の腹の部分の丸い形状がそのまま工具痕単位の①の形態になった。また、再加湿において指ヨコ・布②で③が増えたのは、再加湿したサンプルの硬さに起因すると思われる。これは、再加湿したサンプルの表面は柔らかいが、サンプル自体は乾燥し硬くなっており、サンプルに十分に工具痕単位が残らなかったためだと考えられる。

A-d 工具痕単位が重複した場合の縁辺の断面形状と様相　A-d は工具の形状と個人差を反映している。木ゴテでは全く境界が不明な④が 1/3 見られた一方で、明瞭な段差になるものもあった。明瞭な段差になるのは木ゴテが硬質で比較的角ばった形状をしているからだと思われる。木ゴテの①断面がなだらかな三角形になるか④境界が不明瞭になるかは、粘土の含水率ではなく、参加者の個人差に強く影響を受けていると思われる。即ち、木ゴテを強くサンプルに押し付ければ境界には明瞭な段差が生じるが、押し付け ず表面を軽く撫でるようにすれば④になる。また、指ヨコは含水率の低いものに②粘土の断面が鋭角の三角形になるものが見られた。これは、工具に押し広げられた粘土が工具痕単位の境界に溜まり、そのままの形状を保ったためである。

B-a 擦痕の有無、明瞭さ　B-a は布２種のように工具表面の凹凸が激しい場合、その凹凸による擦痕が明瞭に残された。従って、布は粘土の状態や個人差に関わりなく明瞭な擦痕を残すと考えられる。一方で、指ヨコは再加湿でない場合、擦痕が明瞭なものと不明瞭なものが混在した。指ヨコは指先の指紋によって擦痕がつけられるが、粘土の含水率が低いほど、指紋のような微細な凹凸による擦痕が残されやすい可能性がある。再加湿の場合、木ゴテと指タテは擦痕が不明瞭なままだったが、指ヨコと皮は擦痕が明瞭になった。擦痕が明瞭なサンプル表面をよく観察すると、擦痕の筋はぬた状の粘土であった。即ち、工具の凹凸が直接サンプルに擦痕を残したのではなく、ぬた状の粘土が工具の微細な凹凸に引きずられて筋状の痕跡になったと考えられる。布のような擦痕とは形成のプロセスが異なるため、この痕跡を「擦痕」とするのは不適切かもしれないが、ひとまず擦痕と表現しておく。

B-b 擦痕のピッチ　B-b は粘土の含水率や参加者に関わりなく、工具の種類で傾向が分かれる。木ゴテ・指タテ・皮は擦痕が認められるものの、微細でカウントできなかった。これは擦痕の成因と関係し、工具の直接の凹凸によらない擦痕の場合は、擦痕が微細で細かくなると考えられる。布は布目の粗さの違いが擦痕の粗さに反映されている。

B-c 擦痕の成因　B-c は B-a、B-b と相互に関係してくる。擦痕の成因が①胎土の細かい粒子によるものの場合、擦痕は不明瞭でピッチは細かくなる。擦痕の成因が②工具の凹凸の場合、擦痕は明瞭でピッチは工具の凹凸をそのまま反映する。皮は含水率低のものだけ擦痕の成因が①であったが、これはサンプルの表面が比較的に硬く、皮表面の凹凸が残されなかったためだと考えられる。含水率が高い場合は、皮表面の複雑な凹凸により擦痕が残される。ただし、再加湿の場合は全て①となったが、これは再加湿の際に皮の表面が湿ることで凹凸が滑らかになったためだと考えられる。

C 砂粒の埋没　C では③砂粒が突出するものがなかったが、これが「ナデ」の最も重要な効果であることが分かる。器面の砂粒の凹凸を取り除くことで、土器の " 使いやすさ " を向上させることができたと本実験から想定できる。木ゴテで②粘土に砂粒がかかるものが観察されなかったのは、工具が硬質であるために砂粒が完全に器面に潜ったからと考えられる。これは再加湿の場合でも変わらなかった。

個人差による痕跡の差　本実験の結果では、含水率より参加者の個人差の方が痕跡に影響を与える場合が見られた。

痕跡に最も大きな影響を与えたのは、工具痕単位がどの程度サンプル素地面より深く付けられるかである。これはどの程度の力で工具をサンプルに当てたかで変化すると考えられ、個人ごとで様相が異なった。これが浅ければ工具痕単位とサンプル素地の境界（A-b）は不明瞭になる。また、工具痕が重複した場合の境界も不明瞭になる（A-d）。一方、個人に左右されない属性もある。工具の凹凸による擦痕はピッチなどで変化がない。これは工具の凹凸自体は個人で変わらないためである。

以上のように、器面の痕跡の違いは工具の種類・形状によるもの、粘土の状態に加えて、個人差も十分に想定されることが分かった。この中で、ある特定の条件しか反映しない属性を抽出し、これを実際の資料の観察に応用することは有効であろう。しかし、複数の要因が考えられる属性は、現段階では実際の資料に応用することは困難である。

工具による痕跡の差　本実験では各工具に特有の痕跡が認められた。

同じ軟質の工具でも、布と皮では擦痕の明瞭さなど痕跡がかなり異なることが明らかとなった。また、同じ指でも撫でる方向によって工具痕単位の幅や擦痕の見え方に違いが認められた。このように、ある工具に特有の痕跡を明らかにしていくことで、痕跡からその工具を推定することが可能となるだろう。

5.　今後の課題

今後の課題は（1）実験方法に関するもの、（2）実験結果の記録と提示方法に関するものに分けられる。

（1）実験方法

使用する粘土　本実験ではオーブンで焼成できる粘土を使用した。これは、焼成の条件を統一すること、焼成時のサンプルの破損を防ぐことが理由である。本実験を通して、オーブン用の粘土でも実験が行え、焼成中の条件の制御が容易であることが判明した。また、粘土を焼成する特別な設備がなくても同様の実験を行える可能性を示すことができた。しかし、粘土の違いが痕跡に大きく影響することは村田 1990 の実験でも示されており、今後は産地の異なる粘土で痕跡がどのように変化するのかを検討する必要がある。

含水率の制御　本実験結果では含水率を３段階に調整したが、サンプルによっては低と中の差が小さく２段階にしか分けられないものもあった。原因は様々考えられるが、まず含水率の制御の難しさがある。サンプルを製作している間にも水分は蒸発してしまい、厳密に含水率をコントロールするのは不可能であった。また、乾燥や焼成後にサンプルの一部が破損（表面の砂粒が剥落するなど）することも考えられ、こうした微妙な重さの変化が結果に影響していると思われる。含水率を完全に制御することは不可能で、むしろサンプル数を増やすことで全体の誤差を少なくすることが重要になるだろう。

諸条件の制御　土器表面を撫でるという単純な動作にも、痕跡に影響を与えるような要素が多数存在する。例えば、工具を当てる角度、力の入れ方、スピードなど、挙げればきりがない。こうした諸条件を厳密に制御することが実験の精密さを高めることに繋がる。本実験では工具の角度などは指定したものの、スピードやサンプルに押し付ける力の強さは参加者に委ねた。こうした個人の感覚に依存する条件が、実験結果にどう影響するのか、これをコントロールするにはどうすればよいかを検討する必要がある。

（2）実験結果の記録と提示方法

痕跡の断面の表現方法　本実験では工具単位の断面形状を属性の一つにしたが、この断面形状を客観的に示す方法の開発が求められる。なぜなら、工具痕単位の境界の痕跡は非常に微細なため、断面形状を観察者が指で触れて観察するほかない。しかし、これでは観察者の触感や形状の認知に結果が大きく左右されてしまう。そこで、将来的にはサンプルの痕跡全体を３次元化することが求められる。既にハケメの同定に３次元マッチングが有効であることが示されており（太郎良・中園・平川 2016）、これを応用するのが有効であろう。

製作と使用・埋没による痕跡の区別　石器の実験使用痕研究では金属顕微鏡などを使用することがあるが、本実験で行った観察はすべて肉眼か低倍率ルーペ（10 倍）を使用した。これは、石器と違い土器の表面は柔らかいため、製作時の痕跡と使用ないし廃棄後についた微細な痕跡を区別できないと判断したためである。焼成の甘い土器は表面がもろく、胎土が崩れることがある。また、須恵器など硬質の土器では、使用によって内側の器面だけが摩滅することがある。このように、実際の考古資料に見られる痕跡の形成過程は様々であり、現時点ではこれらを区別することは難しいと考えられる。今後、より微細な痕跡の観察を可能とするためには、製作時の痕跡・使用による痕跡・埋没後の痕跡を区別する必要がある。

以上の課題を解決することで実験の精度が高まり、実際の考古遺物と比較することも可能になると考えられる。本実験では事例研究として埴輪の突帯に関する実験も行っている（第２節以降）。また、本実験の一環で、須恵器坏における工具と痕跡の関係を明らかにした実験も別に行っている（舘内 2019）。併せて参照されたい。

（舘内）

第２節　円筒埴輪の突帯に見られるナデ調整の実験

1. 目的と意義

本実験は第１節までの実験で行った方法を応用し、より実際の考古資料に近い状態で実験を行い、考古資料におけるナデ調整の工具の推定を試みるものである。

1970 年代に川西宏幸によって本格的に始められた円筒埴輪研究は、現在では多くの研究者によって様々な視点から研究が進められている。

その中でも製作技法研究は、円筒埴輪研究の根幹を成してきたものである。現在でも大枠は有効であり円筒埴輪研究の基礎である、いわゆる「川西編年」では円筒埴輪の製作技法の推移が編年の基準となっている（川西 1978）。また、吉田恵二が行った埴輪製作者個人の抽出・解明（吉田 1973）も、個々の円筒埴輪の詳細な製作技法の復元・製作工程の解明が研究の中心である。

円筒埴輪の器面に残された製作の痕跡から、製作技法や製作工程を復元していくという手法はこれまで多くの研究で行われてきた。近年では、辻川哲朗による突帯間隔の設定に用いる「刺突工具」の復原（辻川 2003）や、城倉正祥による刷毛目工具の製作・使用実験（城倉 2009）などの研究が行われている。このように、ハケメなど明瞭な痕跡が残る製作技術は注目され盛んに研究が行われてきた。その一方で、内面のナデや突帯の接着方法など、痕跡が見えにくい製作技術は研究の対象になりにくく、十分な検討が行われているとは言い難い。明瞭な痕跡だけでなく、痕跡が見えにくい製作技術にも注目し、製作者集団における個人差や共通性を理解することで、円筒埴輪の製作工人や工人集団の研究が進むと考えられる。

本実験では、円筒埴輪製作技法の中でも重要な位置を占める「ナデ」、特に突帯の整形時に行われる「ナデ」に着目する。本実験で得られたデータを実際の円筒埴輪の観察に活用することで、円筒埴輪製作工人や工人集団の解明に寄与することができると考えられる。

2. 実験の方法

本実験は土器表面の調整の実験の一環として行ったため、実験の方法・用いた材料は第１節のものと同じである。以下では、サンプルの成形方法など第１節と異なる点を述べる。また、円筒埴輪突帯付近の各部名称は第 2.57 図の通りである。突帯の埴輪の器面に対して平行な面を端面、突帯の口縁側の面を上面、底部側の面を下面と呼ぶ。また、本実験では突帯を調整した痕跡が及ぶ、突帯付近の埴輪の器面も観察を行う。この痕跡が及ぶ範囲を端部と呼ぶ。

(1) 実験の方法

突帯の形成　50g の粘土を、第１節で用いたサンプルの長辺 12cm と同じ程度の長さの粘土紐に手で伸ばして作成する。作成した粘土紐をサンプルに貼り付ける。貼り付け方は、２本の指で粘土紐を摘み、サンプルに対して垂直方向に押圧する（第 2.58 図）。その後、３本の指と工具を用いて、突帯上・端・下面にそれぞれの指を当てて、横方向に撫でる。なお、突帯の貼り付け方法と整形時の指の当て方は、藤井幸司（2003）の復原・分類方法に従った。

工具　本実験で用いる工具は、指・皮・布（粗）・布（密）の４種類である。詳細は第１節に記してある。

含水率　本実験でも第１節と同様に３種類の含水率で実験を行う予定であった。しかし含水率高の粘土は非常に柔らかく、立てて製作していたであろう実際の埴輪作りでは自重で埴輪が歪んでしまうと考えられた。そこで、含水率は低・中の２種類のみへ変更した。

(2) 観察する属性

観察する属性は次の通りである。

A 擦痕
　A-a 端面の擦痕の有無

A-b 端面の擦痕の明瞭度

（ライトでサンプルを照らした際に、肉眼ではっきりと擦痕を確認できるものを明瞭、見えづらいが擦痕を確認できるものを不明瞭とした。）

A-c 端部の擦痕の有無

A-d 端部の擦痕の明瞭度

（端面と同様、ライトでサンプルを照らした際に、肉眼ではっきりと擦痕を確認できるものを明瞭、見えづらいが擦痕を確認できるものを不明瞭とした。）

A-e 擦痕のピッチ

0.5cm の幅における擦痕の本数である。端面または端部で、筆者の肉眼で確認できるもののみ計測した。

B 突帯下の沈線

実際の円筒埴輪では、第 2.59 図のように、突帯下に擦痕とほぼ平行して付く沈線が見られることがある。筆者はこれを突帯の整形に伴うものと想定し、本実験でもその様相を観察することにした。

B-a 突帯下の沈線の有無

擦痕よりも外側についていて、擦痕よりも深く幅が広い沈線を、突帯下の沈線とする。

B-b 突帯下の沈線の長さ

（複数見られた場合は、一番長いものを計測した。）

C その他の特徴

定量的に示すことができない、個別の情報を記入している。

3. 実験の結果

以下、実験の結果を示す。本文では、「指中 A」のように「使用した工具・含水率・製作者」の順に表記して個別のサンプルを表す。実験結果は第 2.2 表の通りである。また、個別のサンプルの写真は第 2.60 ～ 69 図に掲載している。

A-a 端面の擦痕の有無　端面の擦痕は、数点の例外を除き大半のサンプルで確認された（42 点中 37 点）。

擦痕が確認されなかったのは 5 点である。指低 D は、器面が非常に滑らかである。布①低 B は、突帯の含水率が高かったのか整形できなかった。布①低 B・布①低 D は布で押圧し成形されているが、これは参加者にナデの方法が上手く伝達されなかったためである（後述）。

A-b 端面の擦痕の明瞭度　工具ごとに明瞭さの割合が異なる結果となった（第 2.3 表）。工具単位で見ると、布の明瞭度が高くなっている。

A-c 端部の擦痕の有無について　端部の擦痕は、半数以上のサンプルで確認された（42 点中 35 点）。擦痕が確認されなかったのは 7 点である。このうち 2 点は端面でも擦痕が認められなかったものである。

A-d 端部の擦痕の明瞭度　端部の擦痕も工具ごとに明瞭さの割合が異なる（第 2.4 表）。皮低を除き、端面よりも端部は、擦痕の明瞭度が同じか、あるいは低い結果となった。

A-e 擦痕のピッチ　各工具・各含水率における擦痕の平均ピッチ数は第 2.5 表の通りである。布①を除き、含水率が低い時の方が平均ピッチ数は若干減少する結果となった。また、布①よりも布②の方が目は細かいため、布②の方が若干平均ピッチ数は多かった。

B 突帯下の沈線　突帯下の沈線は、全体で 4 点確認された。沈線が確認されたのは全て布または皮の場合である。沈線の平均の長さは 2.8cm である。

4.　結果の考察

A-a 端面の擦痕の有無・A-c 端部の擦痕の有無　端面・端部どちらも、今回使用した全ての工具で擦痕が形成された。指でも擦痕が形成され、これは指紋によるものだと考えられる。また、端面の擦痕が確認されなかったのは 5 点で、このうち 3 点は実験の手順の間違いによるものである。もう 1 点は撫でる際に工具の布に粘土が多量に付着していた。これはこのサンプルの突帯形成に用いた粘土の含水率が部分的に高くなってしまったためと考えられる。もう 1 点は、擦痕が肉眼では見えず、器面が非常に滑らかであった。このサンプルの端部は不明瞭だが擦痕が見られたことから、端面には指の力があまり入らなかったのかもしれない。また、端部で擦痕が確認されなかったのは 7 点である。この 7 点のうち 3 点は、端面でも擦痕がほぼ見えなかった。

A-b 端面の擦痕の明瞭度・A-d 端部の擦痕の明瞭度

・工具の違い

含水率中・低で見ると、端面・端部どちらも、擦痕の明瞭度が高い順に布②→布①→皮→指となった。工具以外の条件は同じであるため、工具による明瞭度の違いは工具表面の凹凸の程度の違いを表していると考えられる。指紋よりも、布の方が明らかに工具の凸凹が激しい。なお、含水率の違いに関わらず、撫でる際に皮はサンプル上で滑りづらく、整形しづらかった。

・部位の違い

皮低を除き、全ての場合で端部よりも端面の方が明瞭度は高い。これは整形の際に指が当たっているか当たっていないかの違いであると考えられる。端面は整形の際に人差し指が当るが、端部は当たらない。指が当たる方が工具に力が加わるため、指が当たらない部位よりも擦痕の明瞭度が高いと考えられる。

・含水率の違い

皮を除き、含水率低よりも含水率中の方が明瞭度は高くなった。含水率が高い方が、粘土の可塑性も高いといえるので、含水率中の方がより明瞭に擦痕がついたと考えられる。ただし、含水率は低い方が整形しやすかった。

A-e 擦痕のピッチ　平均ピッチ数（0.5cm の幅における擦痕の本数）が高い順に、指→布②→皮→布①となった。工具そのものが繊密であるほど、平均ピッチ数が高くなると考えられる。指に関しては、他の工具よりも工人差が見られる。指の場合、指が器面と接触する面積の違いがそのまま指紋の数の違いになるため、他の工具よりも工人差が出たと考えられる。

B 突帯下の沈線　突帯下の沈線は、皮と布①・布②のみで 4 点確認された。突帯下の沈線は、それが見られる位置から、工具の端が引きづられて形成されたと言える。整形の際、指を当てているのは突帯の 3 面のみであるので、工具の端はコントロールできない。そのため、突帯下の沈線が形成されるか否かは偶然によるものだと考えられる。

〈参考〉試作品　実験当日にサンプルを作り終えた後、東北大学総合学術博物館の藤沢敦教授から、「通常の陶芸では、工具を濡らして整形する」とのご教示を頂いた。そこで、試作品として水で濡らして絞った布①と布②を用いたサンプルを作成し、後日改めて実験を行った。室内に保管していた含水率中の粘土を用いたため、用いた粘土は含水率が中～低に当たると思われる。乾いている布よりも、濡らして絞った布は突帯を非常に撫でやすい。また、乾いている布よりも擦痕が非常に明瞭についた。乾いた布と特に異なるのは、擦痕のピッチ数と擦痕の見た目である。擦痕のピッチ数は布①布②どちらの場合も乾いている布よりも多かった。また、擦痕の見た目も、乾いている布よりも深くはっきりとついた。布を一度濡らしたために、乾いている時よりも工具が柔らかくなり指の力がより伝わりやすくなったためだと考えられる。

5.　考古資料と実験結果の比較

実際の円筒埴輪でも、今回の実験で見られたような擦痕や突帯下の沈線が見られる個体がある。第 2.70、2.71 図は実際の円筒埴輪である。第 2.70 図は、宮城県黒川郡大郷町諏訪古墳出土円筒埴輪である（東北大学所蔵）。築造は 5 世紀後半から 6 世紀初頭と想定されている（藤沢 1992）。第 2.71 図は、宮城県加美郡色麻町御山古墳出土円筒埴輪である（東北大学所蔵）。築造は 5 世紀後半から 6 世紀初頭と想定されている（藤沢 1992）。

これらの擦痕・沈線と今回の実験で得られたサンプルと比較してみると、諏訪古墳出土円筒埴輪の擦痕は布②中 C と、御山古墳出土円筒埴輪の擦痕は布①中 A と擦痕が確認される位置や明瞭度が似ている。突帯を整形した工具についてはこれまでほとんど指摘されてこなかったが、今回の実験から布を用いて整形した可能性を示すことが出来る。

また、突帯下の沈線は、実際の円筒埴輪でも見られる個体はあまり多くはない。今回の実験でも、突帯下の沈線が現れたサンプルは全体の 9.5%である。このことから、古墳時代当時も突帯下の沈線が現れるのは偶発的なもの、すなわち布端部が当たるか当たらないかによるものだったのではないだろうか。

6.　今後の課題

今後の課題は、(1) 実験方法に関するもの、(2) 実験で得られたデータの活用方法に関するものに分けられる。

(1) 実験方法

実験方法に関しては２点課題がある。まず、突帯の整形方法に関して、実験参加者との情報共有が一部上手く行かなかった所があり、属性が取れないサンプルが数点できてしまった。２点目は工具の条件を変えた場合の実験の必要性である。今回の実験では、試作品を除き工具は全て乾燥した状態で行った。しかし、追加の実験から工具を濡らすなど工具の状態を変えて実験すると、異なる結果になることが明らかとなった。今後、より様々な条件を設定した実験で検討するべきである。

(2) 実験で得られたデータの活用方法

本実験では含水率や工具・製作工人の条件をコントロールした製作実験を行った。当時の状態を完全に復原したとは言えないが、実験で得られたデータは円筒埴輪の製作技術研究に資するものと考える。今回得られたデータを、どのようにして実際の製作痕跡の復原に活用していくか、具体的な方法を今後検討していく必要がある。

（今西・早川）

謝辞

本実験は東北大学知の創出センター主催、知のフォーラム（Tohoku Forum for creativity）Workshop for Young Archaeologists の一環として、2018 年 7 月 25 日に東北大学大学院文学研究科考古学研究室内で行われたものである。本報告を執筆するにあたり、東北大学文学研究科の阿子島香先生、鹿又喜隆先生、東北大学総合学術博物館の藤沢敦先生、東北大学知の創出センターの Juthatip Wiwattanapantuwong 先生、東北大学考古学研究室の熊谷亮介氏には、実験の御指導、分析のための格段の御配慮と御協力を賜った。実験参加者は Christina Wiesner（Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nuremberg）・木村恒・青木飛輪子・川上知哉・渋川駿・須賀永帰・熊木奈美・望月美紅・渡邉彩佳（東北大学）である。記して御礼申し上げる。

第 2 章註

2.1) 痕跡学については小松 2013、小郷 2012 が参考になる。いずれも考古学ではない立場から痕跡の研究の重要性について指摘している。

2.2) 村田 1990 では①②に加えて、「軟らかい粘土が工具に引き付けられたような擦痕で、断面形が三角形状になるもの」をＣ類としているが、これがどのようなものを指すのか、具体的に想定できなかったため、今回の属性からは外した。なお、工具の凹凸と関係ない非常に微細な擦痕が見られた場合に①、工具の凹凸をそのまま反映したような明瞭な擦痕が見られた場合に②に分類している。

引用文献

小郷直言 2012「痕跡から見える社会情報学」『社会情報学』1-2 pp.1-9

小林正史編　2011　『土器使用痕研究　―スス・コゲからみた縄文・弥生土器・土師器による調理方法の復原―』　基盤研究（B）「ス・コゲからみた縄文・弥生土器と土師器による調理方法」報告書

小松研治 2013「痕跡学序説―痕跡を読み、痕跡に語らせる―」『富山大学　芸術文化学部　紀要』7 pp.70-85

川西宏幸 1978「円筒埴輪総論」『考古学雑誌』64-2 日本考古学会 pp.95-164

城倉正祥 2009「第２節　刷毛目工具の基礎的研究」『埴輪生産と地域社会』学生社 pp.21-35

高島忠平 1975「土器の製作と技術」佐原真・金関恕編『古代史発掘 4　稲作の始まり』講談社 pp.128-137

田辺昭三 1981『須恵器大成』角川書店

辻川哲朗 2003「突帯―突帯間隔設定技法を中心として―」『埴輪―円筒埴輪製作技法の観察・認識・分析―』埋蔵文化財研究会 pp.3-30

佐原真 1964「第３章　弥生式土器」小林行雄・佐原真編『紫雲出』詫間町文化財保護委員会 pp.21-69

舘内魁生 2019「9 世紀後半の須恵器坏における技術変化―「コテ状工具」に関する実験的研究―」『宮城考古学』21 宮城県考古学会（印刷前）

太郎良真紀・中園聡・平川ひろみ 2016「SfM による土器調整痕の三次元形状比較―土器製作者個人の高確度同定法の洗練のために―」日本情報考古学会編『日本情報考古学会講演論文集』16 pp.88-90

中園聡・平川ひろみ 2013「人工物から個人にせまる」『季刊　考古学』122 雄山閣 pp.27-30

平川ひろみ 2015「土器の痕跡を読む―民族考古学的観点から得られた情報をもとに―」日本情報考古学会編『日本情報考古学会講演論文集』15 pp.11-16

藤井幸司 2003「円筒埴輪製作技術の復原的研究－窯窯焼成導入以降を中心に－」『埴輪ー円筒埴輪製作技法の観察・認識・分析ー』
埋蔵文化財研究会 pp.31-62
藤沢敦 1992「1 円筒埴輪 A 東北」『古墳Ⅲ　埴輪 / 古墳時代の研究』9 雄山閣 pp.21-27
村田章人 1990「器面調整の実験的研究ー縄文土器にみられる技法を中心にー」『考古学研究』37-3 考古学研究会 pp.106-124
横山浩一 1959「手工業生産の発展　土師器と須恵器」『世界考古学大系 3　日本Ⅲ 平凡社 pp.125-144
吉田恵二 1973「埴輪生産の復原」『考古学研究』19-3 考古学研究会 pp.30-48
Shepard, A.O., 1956. *CERAMICS FOR ARCHAEOLOGIST*. CARNEGIE INSTITUTION OF WASHINGTON Publication 609. Washigton, D.C.

Experimental study of pottery surface-finishing touch techniques – Observations of minute traces on a smoothed surface –

Kai TATEUCHI, Ayana IMANISHI and Fumiya HAYAKAWA

Objective

"Smoothing," the most basic technique of finishing pottery surfaces, leaves various traces on any pottery surface. This study was conducted to assess correlation between those traces and the smoothing techniques which left them. This experiment specifically examines the tools used for smoothing and the clay conditions. From them, we can identify the tools and understand pottery forming processes.

Methods

For this experiment, we prepared clay samples with controlled water contents and sand grain amounts. We smoothed them using tools of six types. We used a wooden tool, hands in two directions, leather, rough cloth, and fine cloth. Five participants joined this experiment to assess differences of traces attributable to differences among individuals. After the experiment, we fired the samples and examined them.

Results

Experiment results elucidated the following two main points.

1 Earlier studies suggested that differences of traces can reflect differences of water contents. However, our experiment indicated that differences among individuals can produce more differences of traces than water contents.

2 Each tool left traces of a certain type. Therefore, we can ascertain the tools used for smoothing from their characteristic traces.

Additionally, we did a study of Ento-Haniwa finishing technique. Ento-Haniwa is a cylindrical terracotta clay figure produced during the Kofun period, from the fourth to sixth century A.D. in Japan. It has clay belts on its outer surface. To ascertain what tools were used for smoothing these belts, we prepared Ento-Haniwa models and smoothed them. After the experiment, we compared the samples with archaeological Ento-Haniwa made in the middle fifth century and middle sixth century. Results showed that cloth was used for smoothing the belts.

開封時の粘土を糸で切り離す様子
Cutting clay-blocks.

粘土に混ぜる砂粒の計測
The weight measurement of sand.

粘土に砂粒を混ぜている様子
Mixing clay with sand.

再加湿用のサンプルの乾燥
The samples under drying for the experiment to know rewetting effects.

含水率に関する説明
An explanation about "water content"

参加者に対しての実験の手順の説明
An explanation about the process of the experiment.

第 2.1 図　実験の様子 1（記録者が撮影したもの）
Figure 2.1　The preparations of the experiment.

再加湿・指ヨコの撫でる動作
Smoothing the rewetted sample with hand.

再加湿・粗い布の撫でる動作
Smoothing the rewetted sample with a rough cloth.

含水率低の粘土を屋外で乾燥させている様子
Drying clay in the open air to make it low level water content.

サンプルの重量を計測し記録している様子
The weight measurement of samples.

再加湿・木ゴテの撫でる動作
Smoothing the rewetted sample with a wooden tool.

再加湿・木ゴテの撫でる動作
Smoothing the rewetted sample with a wooden tool.

第 2.2 図　実験の様子 2（記録者が撮影したもの）
Figure 2.2　The preparations of the experiment and the motions of participants.

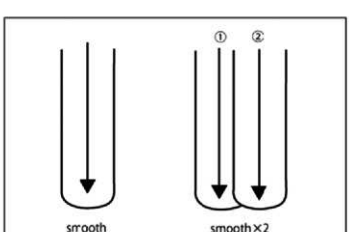
含水率低・指タテの撫でる動作
Smoothing the sample by a finger with low water content.

含水率高・指タテの撫でる動作
Smoothing the sample by a finger with high water content.

含水率高・皮の撫でる動作
Smoothing the sample with leather with high water content.

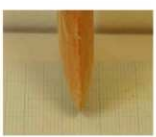
サンプルの乾燥
Drying the samples after the experiment.

第 2.3 図　実験の様子 3（記録者が撮影したもの）
Figure 2.3　The preparations of the experiment and the motions of participants.

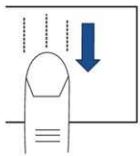


第 2.4 図　サンプル上でナデを行う位置と方向
Figure 2.4　The direction and position of smoothing on the sample.

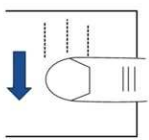
木ゴテ（工具 1）
A wooden tool



木ゴテの先端部
The edge of the wooden tool



指タテ方向（工具 2）
A finger /vertical

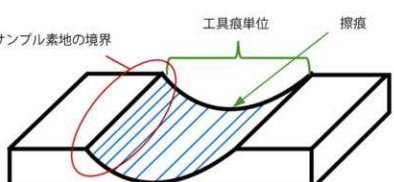


指ヨコ方向（工具 3）
A finger /horizontal

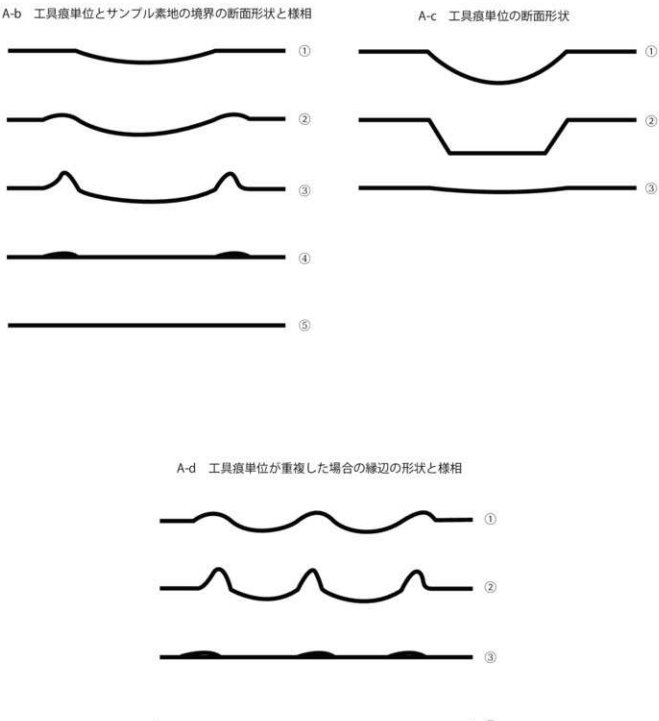
目の粗い布（工具 5） S=1/1
Rough cloth

目の細かい布（工具 6） S=1/1
Fine cloth

第 2.5 図　各種工具
Figure 2.5　The tools used for smoothing.



第 2.6 図　サンプル各部の名称
Figure 2.6　The name of each part of the sample.



第 2.7 図　各分類の模式図（本文の番号と対応）
Figure 2.7　The type of the cross-section view of smoothed samples.

第 2.1-1 表　実験結果一覧　　Table 2.1-1　The results of the experiments.

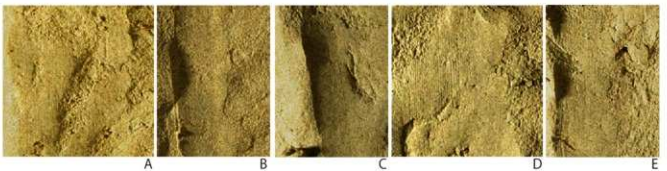
				A　工具単位について						B　擦痕について			C砂粒の埋没について	Dその他の特徴
使用した工具 tools	含水率（%） water content		製作者 participants	A-a（cm）	A-b		A-c	A-d		B-a	B-b（0.5 cm間の数）	B-c		
工具1（木ゴテ）A wooden tool	高 high	31	A	2.9	⑤		③	④	一部粘土が立ち上がるがほとんど不明瞭	擦痕有　不明瞭	10<	①	①	擦痕は非常に微細
		31	B	1.5	①		①	①		擦痕有　不明瞭	10<	①	①	
		31	C	4.1	①⑤	部分的に境界が分かる	③	①		擦痕有　不明瞭	10<	①	①	工具端部を全て使用しているため工具痕単位の幅が大きい
		32.3	D	4.1	①		②	①④	部分的に①になる	擦痕有　不明瞭	10<	①	①	砂粒は完全に沈んでいる
		30.2	E	1.8	⑤		③	④		擦痕有　不明瞭	10<	①	①	
	中 medium	29.2	A	2.7	⑤		③	①	ただし不明瞭	擦痕有　不明瞭	10<	①	①	工具痕内は円滑でツルツルしている
		29.2	B	2.8	⑤		③	①	一部急な段差になる	擦痕有　不明瞭	10<	①	①	
		28.6	C	2.3	⑤		③	③	一部急な段差になる	擦痕有　不明瞭	10<	①	①	工具が重複するところは急な段差が生じている部分もある
		29.5	D	2.5	⑤		③	①		擦痕有　不明瞭	10<	①	①	
		29.3	E	3.6	⑤		③	⑤		擦痕有　不明瞭	10<	①	①	
	低 low	27.6	A	2.5	⑤		③	④	境界が全く分からない	擦痕有　不明瞭	10<	①	①	擦痕は微細で不明瞭
		27.5	B	3	⑤		③	①		擦痕有　不明瞭	10<	①	①	
		27.2	C	3	①	わずかに工具痕単位の方が低い	③	①		擦痕有　不明瞭	10<	①	①	工具痕単位の境界は同じ条件下で最も明瞭
		29.5	D	3.3	⑤		③	④		擦痕有　不明瞭	10<	①	①	
		26.7	E	2.2	⑤		③	①	部分的に①になる	擦痕有　不明瞭	10<	①	①	表面の凹凸が激しい、サンプル製作時の問題か
工具2（指タテ）A finger /vertical	高 high	31.5	A	0.9	①②		①	①		擦痕有　不明瞭	10<	①	①	擦痕は微細で不明瞭
		31.5	B	1.2	①		①	①		擦痕有　不明瞭	10<	①	①	擦痕は微細で不明瞭
		31.9	C	1	①		①	①	粘土の盛り上がりは均等で場所によって変わらない	擦痕有　不明瞭	10<	①	①	擦痕は微細で不明瞭
		31.5	D	1.1	①		①	①		擦痕有　不明瞭	10<	①	①	擦痕は微細で不明瞭
		31.8	E	0.7	①	比較的工具痕は浅い	③	①		擦痕有　不明瞭	10<	①	①	擦痕は微細で不明瞭
	中 medium	29.4	A	1.2	③⑤	部分的に③	③	①		擦痕有　不明瞭	10<	①	②	擦痕は微細で不明瞭
		29	B	1.3	①		①	①	ただし不明瞭	擦痕無			②	擦痕が観察できない
		29.7	C	1.2	①		①	①		擦痕有　不明瞭	10<	①	①	
		28.2	D	1.2	①		①	①		擦痕有　不明瞭	10<	①	①	
		29.6	E	1.1	①		①	①		擦痕有　不明瞭	10<	①	①	
	低 low	28.8	A	1	①		①	①		擦痕有　不明瞭	7	①	②	擦痕は微細で不明瞭
		28.8	B	1.1	①		①	①		擦痕有　不明瞭	10<	①	②	擦痕は微細で不明瞭
		28.5	C	1.2	①	比較的工具痕は深い	①	①		擦痕有　不明瞭	10<	①	②	擦痕は微細で不明瞭
		27.9	D	1.2	①		①	①		擦痕有　不明瞭	10<	①	②	擦痕は微細で不明瞭
		28.6	E	1.1	①		①	①		擦痕有　不明瞭	10<	①	①	擦痕は微細で不明瞭
工具3（指ヨコ）A finger /horizontal	高 high	31.6	A	2	①②	比較的工具痕は浅い	③	①		擦痕有　不明瞭	9	②	②	
		31.5	B	1.5	①		①	①		擦痕有　不明瞭	10	②	②	工具痕単位内部にひび割れ
		31.2	C	1.6	③	不明瞭	③	①		擦痕有　明瞭	13	②	②	
		31.1	D	0.7	①②		①	①		擦痕有　不明瞭	10	②	②	
		31.1	E	0.9	③		③	①		擦痕有　明瞭	13	②	②	擦痕が同じ条件下で最も明瞭
	中 medium	29.7	A	1.7	①		①	①		擦痕有　不明瞭	8	②	①	擦痕は指紋によるものか
		29.5	B	2	①	比較的工具痕は浅い	①	①		擦痕有　不明瞭	12	②	②	
		29.7	C	1.4	①	比較的工具痕は浅い	③	①		擦痕有　不明瞭	10	②	②	
		28.5	D	1.8	②		③	①②		擦痕有　不明瞭	10<	①②	①	擦痕は同じ条件下で最も微細　指紋によるのではなく砂粒が引きずられてできたもの
		28.8	E	1.8	⑤		③	①		擦痕有　不明瞭	12	②	②	
	低 low	27.2	A	1.2	①③		①	①	境界はわずかに立ち上がる	痕跡有　明瞭	10	②	②	指の先の方は境界が明瞭だが、腹の方は不明瞭
		29.1	B	1.5	①②	境界がAより明瞭	①	①②	指が立ち上がるほど境界は明瞭になる	痕跡有　明瞭	14	②	②	けば状の亀裂あり
		28.9	C	1.3	①	一部サンプルの方が高い、粘土が引きずられたため	①	②	粘土が立ち上がり鋭利な断面	痕跡有　明瞭	12	②	②	
		28.5	D	0.9	①③		①	②	粘土が立ち上がり鋭利な断面	痕跡有　明瞭	13	②	②	指の先の方は境界が明瞭だが、腹の方は不明瞭
		27.8	E	1.4	①③		①	①		痕跡有　明瞭	11	②	②	指の先の方は境界が明瞭だが、腹の方は不明瞭

第 2.1-2 表　実験結果一覧　　Table 2.1-2　The results of the experiments.

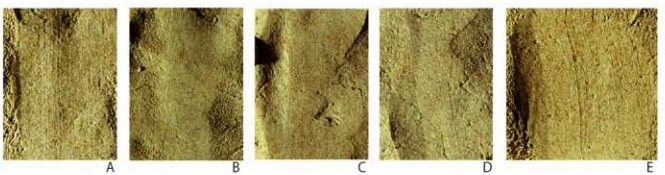
				A　工具単位について						B　擦痕について			C砂粒の埋没について	Dその他の特徴
使用した工具 tools	含水率（%） water content		製作者 participants	A-a（cm）	A-b		A-c	A-d		B-a	B-b (0.5cm間の数)	B-c		
工具4（皮） leather	高　high	31.3	A	1.2	①	ただし不明瞭	①	①		擦痕有　不明瞭	10<	②	①	擦痕には大き目の砂粒が引きずられたようなものと砂粒によるものがある
		30.8	B	1.4	①	ただし不明瞭	①	①		擦痕有　不明瞭	10<	②	②	擦痕は非常に微細
		31.5	C	2	③⑤	基本的に不明瞭だが部分的に粘土が立ち上がる	③	④	境界が全く分からない	擦痕有　不明瞭	10<	②	②	工具痕内で一部ひびわれあり　擦痕は非常に微細
		31.1	D	1.5	①③		①	①		擦痕有　明瞭	5	①②	②	大き目の砂粒が引きずられ沈線状になった痕跡が明瞭
		31.2	E	2.8	⑤		③	④	境界が全く分からない	擦痕有　不明瞭	10<	②	②	擦痕は非常に微細
	中 medium	29.4	A	1.2	①	比較的工具痕は浅い	③	①		擦痕有　不明瞭	10<	①	②	砂粒は粘土を被る　擦痕は非常に微細
		29.3	B	1.5	①		①	①		擦痕有　不明瞭	10<	②	②	他のサンプルより工具が重複した境界はなだらかな三角形をなす
		29.1	C	1	⑤		③	①		擦痕有　不明瞭	10<	②	②	工具痕内はツルツルしている
		29.1	D	1.2	①		①	①		擦痕有　不明瞭	10<	②	②	
		29.3	E	1.7	⑤		③	①	ただし不明瞭	擦痕有　不明瞭	10<	②	②	
	低　low	29.1	A	0.8	⑤		③	①	境界は比較的不明瞭	痕跡有　明瞭	6	①	①	擦痕は不規則にみられ、沈線状
		27.6	B	1.5	⑤		③	④	境界が全く分からない	痕跡有　不明瞭	10<	①	②	工具痕単位の境界は不明瞭で判別できない、擦痕は非常に微細
		28.4	C	1.5	①		①	①		痕跡有　不明瞭	10<	①	②	痕跡は非常に微細
		26.6	D	1.8	⑤		③	④	境界が全く分からない	痕跡有　不明瞭	10<	①	①	工具痕単位の境界は不明瞭で判別できない、擦痕は非常に微細
		28.9	E	1.2	①		①	①		痕跡有　不明瞭	10<	①	①	最も工具痕単位の境界が明瞭
工具5（布①） rough cloth	高　high	31	A	0.8	⑤	不明瞭	③	①		擦痕有　明瞭	6	②	①	工具痕単位は比較的に浅く、サンプル素地の境界は不明瞭である
		31.1	B	1	①②	部分的に粘土が盛り上がる	①	①		擦痕有　明瞭	5	②	②	
		30.9	C	1.3	①②		①	①		擦痕有　明瞭	7	②	②	
		31.5	D	1.3	①		①	④		擦痕有　明瞭	8	①②	①	工具痕が重複する方は表面に亀裂が入っている、ケズリのようになっており擦痕は不明瞭
		30.9	E	1	⑤		③	④	境界が全く分からない	擦痕有　明瞭	5	②	①	工具痕単位が浅いために重複している方の境界が不明瞭
	中 medium	28.6	A	1	②		③	①②	部分的に②になる	擦痕有　明瞭	5	②	②	
		28.3	B	1.1	①③	部分的に③になる	①	①		擦痕有　明瞭	5	②	①	
		29.7	C	1.2	①		①	①		擦痕有　明瞭	5	②	②	擦痕は同じ条件下の他のものより微細で不明瞭
		29	D	1	①		①	①		擦痕有　明瞭	6	①②	②	微細な擦痕と工具による大き目の擦痕が同時に観察できる
		28.6	E	0.9	①		①	①		擦痕有　明瞭	5	②	①	
	低　low	28.8	A	1	①②	部分的に粘土が盛り上がる	①	①		擦痕有　明瞭	10<	①	①	擦痕は布目によるものではないため無数に観察される
		27.8	B	1.1	①		①	①②	場所によっては粘土が立ち上がる	擦痕有　明瞭	6	②	①	
		28.3	C	1.3	①		①	①②		擦痕有　明瞭	5	②	②	
		28.6	D	0.9	①		①	①		擦痕有　明瞭	5	②	①	
		28.6	E	1	①②		①	①		擦痕有　明瞭	5	②	①	
工具6（布②） fine cloth	高　high	31	A	1	①	比較的工具痕は浅い	①	①		擦痕有　明瞭	7	②	②	同じ条件下で最も擦痕が不明瞭
		31.2	B	1.1	①		①	①		擦痕有　明瞭	7	②	②	
		31.8	C	1.1	①②	部分的に粘土が盛り上がる	①	①		擦痕有　明瞭	8	②	②	
		31.9	D	1.1	①		①	①		擦痕有　明瞭	7	②	①	工具痕単位は比較的に浅い
		30.6	E	0.9	①	比較的工具痕は浅い	③	④	サンプル素地の凹凸の方が大きいため	擦痕有　明瞭	8	②	①	
	中 medium	28.7	A	0.9	①	比較的工具痕は浅い	③	①	ただし不明瞭	擦痕有　明瞭	6	②	①	工具痕単位が浅く境界は不明瞭
		30	B	1.3	①		①	①		擦痕有　明瞭	7	②	①	
		28.8	C	0.9	①	比較的工具痕は浅い	③	①		擦痕有　明瞭	5	②	①	
		29.5	D	1.4	①		①	①		擦痕有　明瞭	7	②	①	
		28.4	E	1.5	①		①	①		擦痕有　明瞭	6	②	①	
	低　low	28.6	A	1	①	比較的工具痕は浅い	①	①		擦痕有　明瞭	7	②	①	
		28.1	B	1	①②		①	①		擦痕有　明瞭	7	②	①	工具痕の内側にひび割れあり
		29.1	C	1.1	①	比較的工具痕は深い	①	①		擦痕有　明瞭	7	②	②	
		28.8	D	1.1	①		①	①		擦痕有　明瞭	8	②	②	
		28.4	E	1.1	①		①	①		擦痕有　明瞭	8	②	①	

第 2.1-3 表　実験結果一覧　　Table 2.1-3　The results of the experiments.

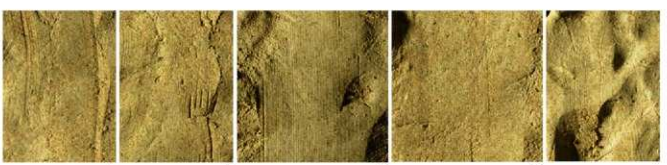
			A　工具単位について					B　擦痕について			C砂粒の埋没について	Dその他の特徴
使用した工具 tools	含水率（%） water content	製作者 participant	A-a (cm)	A-b	A-c	A-d		B-a	B-b (0.5 cm間の数)	B-c		
工具1（木ゴテ） A wooden tool	再加湿 rewetted	25	A	3.5	①		③	①③	境界は不明瞭で段にならない	擦痕有　不明瞭	10<　①	①	なでられた面は非常に円滑でツルツルしている、擦痕はごく微細
		28.2	B	2.7	①④		②	①③		擦痕有　明瞭	10<　①	①	A より擦痕が明瞭
		25.7	C	1.2	①		②	①	明瞭な段差になる	擦痕有　不明瞭	10<　①	①	擦痕はごく微細
		25.7	D	2.8	①④		③	①③		擦痕有　不明瞭	10<　①	①	擦痕はごく微細
		25.2	E	2.4	①④		②	①	明瞭な段差になる	擦痕有　不明瞭	10<　①	①	擦痕はごく微細
工具2（指タテ） A finger /vertical	再加湿 rewetted	27.8	A	1.2	①④		①	③		擦痕有　不明瞭	10<　①	①	擦痕はごく微細
		25.7	B	1.1	①		③	①③		擦痕有　不明瞭	10<　①	②	
		25.9	C	1	①④		①	①③		擦痕有　不明瞭	10<　①	②	
		26	D	1.3	①④	比較的工具痕が深い	①	①		擦痕有　明瞭	10<　①	①	断面が他のサンプルより大きくへこむ、方入れ具合か
		25.6	E	1.2	①④		①	①③		擦痕有　不明瞭	10<　①	②	
工具3（指ヨコ） A finger /horizontal	再加湿 rewetted	25.9	A	2.3	①	指の先端の方が境は明瞭	①	①	明は不明瞭ではぼ平坦に近い	擦痕有　明瞭	8　②	②	擦痕は指紋によるものか
		25.8	B	2.1	①		③	①②		擦痕有　明瞭	9　②	②	
		25.8	C	1.8	①	比較的工具痕が深い	①	②		擦痕有　明瞭	9　②	②	
		26	D	2.1	③	サンプル素地との高低差もない	③	①		擦痕有　明瞭	10　②	②	
		26.5	E	1.7	④		③	③		擦痕有　明瞭	9　②	①	
工具4（皮） leather	再加湿 rewetted	24.9	A	3	④		③	③		痕跡有　明瞭	10<　①	②	工具痕単位内は円滑でツルツルしている
		25	B	2	①		①	①③		擦痕有　明瞭	10<　①	②	擦痕は非常に細かくカウントできない
		25.5	C	1.3	④		③	③		擦痕有　明瞭	10<　①	②	
		25.4	D	1.6	①④		①	①③		擦痕有　不明瞭	10<　①	②	大き目の砂粒が引きずられ法線状になった痕跡も見られる
		25.7	E	1.4	③		③	③		擦痕有　明瞭	10<　①	②	
工具5（布①） rough cloth	再加湿 rewetted	25.4	A	1.2	①		①	①③		擦痕有　明瞭	5　②	②	
		24.8	B	1.3	①	比較的工具痕が深い	①	①		擦痕有　明瞭	7　②	②	
		25.1	C	0.7	③		③	④	境界が不明	擦痕有　明瞭	6　②	②	サンプルに対して押し付ける力が弱かったため、工具痕単位の境界は不明瞭
		24.9	D	1	①		①	①		擦痕有　明瞭	6　②	①	
		25.5	E	1.1	①		①	①		擦痕有　明瞭	5　②	①	
工具6（布②） fine cloth	再加湿 rewetted	26	A	1.1	①		①	③		擦痕有　明瞭	6　②	②	擦痕は布目によるもの　重複するときは明にあたが明瞭に付着
		25.7	B	1.1	①		①	②	擦痕と重複するため境界は不明瞭	擦痕有　明瞭	7　②	①	
		25.1	C	1	①④		③	③		擦痕有　明瞭	7　②	②	
		25.8	D	1.1	①	不明瞭	③	①	工具痕単位の形面形状を反映している	擦痕有　明瞭	7　②	②	
		25	E	1.7	③		③	③	不明瞭	擦痕有　明瞭	7　②	①	布の端がサンプルに触れていたため工具痕の幅は大きく見える



第 2.8 図　木ゴテによるナデの痕跡（含水率高のサンプル）
Figure 2.8　Traces left by a wooden tool on the samples with high water content.



第 2.9 図　木ゴテ / 含水率中
Figure 2.9　a wooden tool/medium.

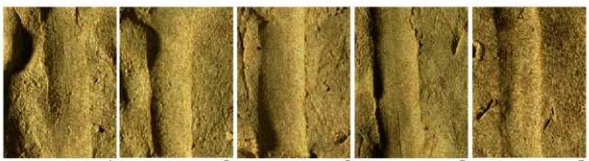


第 2.10 図　木ゴテ / 含水率低
Figure 2.10　a wooden tool /low.

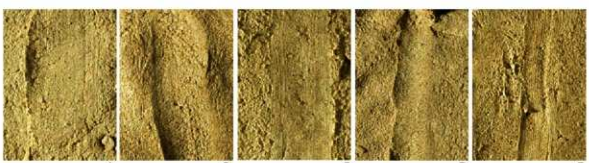
第 2.11 図　指タテ　含水率高
Figure 2.11　a finger/vertical/high.

S=1/1

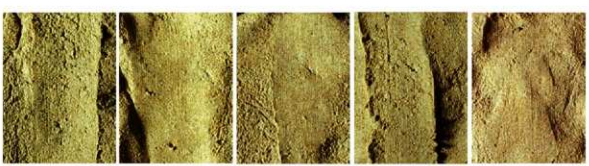
第 2.12 図　指タテ / 含水率中
Figure 2.12　a finger/vertical/medium.



第 2.13 図　指タテ / 含水率高低
Figure 2.13　a finger/vertical/low.

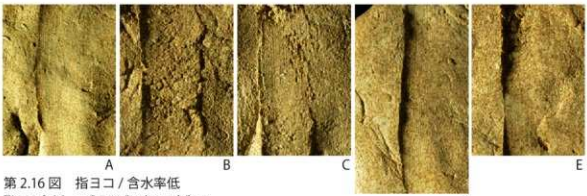


第 2.14 図　指ヨコ / 含水率高
Figure 2.14　a finger/horizontal/high.



第 2.15 図　指ヨコ / 含水率中
Figure 2.15　a finger/horizontal/medium.

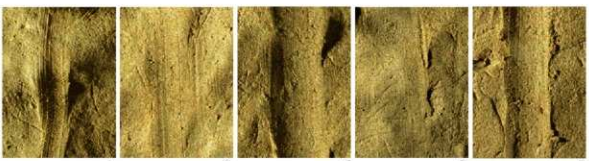
S=1/1



第 2.16 図　指ヨコ / 含水率低
Figure 2.16　a finger /horizontal /low.

第 2.17 図　皮 / 含水率高
Figure 2.17　leather /high.

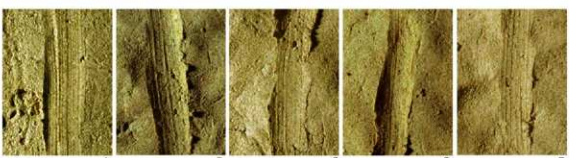
第 2.18 図　皮 / 含水率中
Figure 2.18　leather /medium.



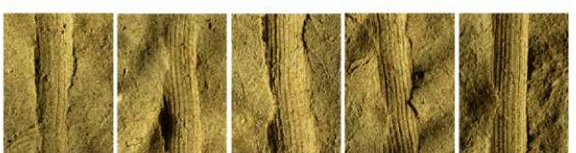
第 2.19 図　皮 / 含水率低
Figure 2.19　leather /low.

S=1/1

第 2.20 図　粗布 / 含水率高
Figure 2.20　rough cloth/high.



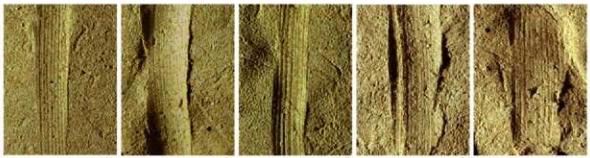
第 2.21 図　粗布 / 含水率中
Figure 2.21　rough cloth/medium.



第 2.22 図　粗布 / 含水率低
Figure 2.22　rough cloth/low.

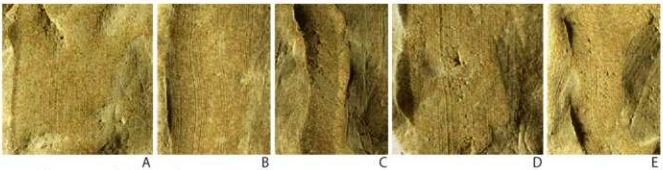
第 2.23 図　密布 / 含水率高
Figure 2.23　rough cloth/high.

S=1/1



第 2.24 図　密布 / 含水率中
Figure 2.24　rough cloth/medium.

第 2.25 図　密布 / 含水率低
Figure 2.25　rough cloth/low.

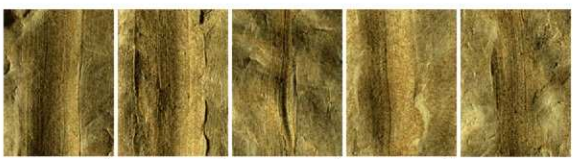


第 2.26 図　木ゴテ / 再加湿
Figure 2.26　a wooden tool /rewetted.

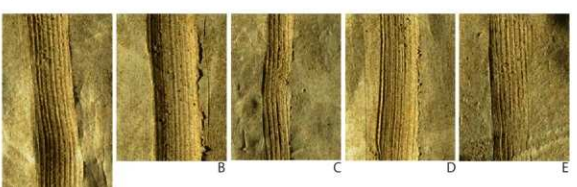
第 2.27 図　指タテ / 再加湿
Figure 2.27　a finger/vertical/rewetted.

S=1/1

第 2.28 図　指ヨコ / 再加湿
Figure 2.28　a finger/horizontal/rewetted.



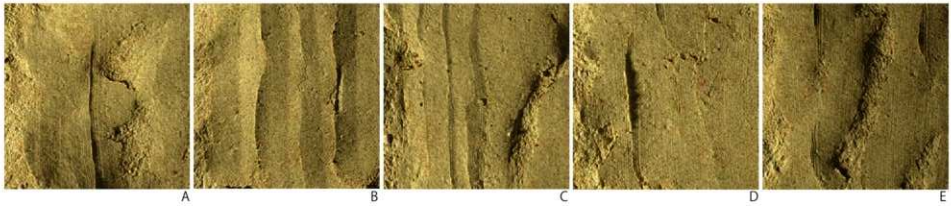
第 2.29 図　皮 / 再加湿
Figure 2.29　leather/rewetted.



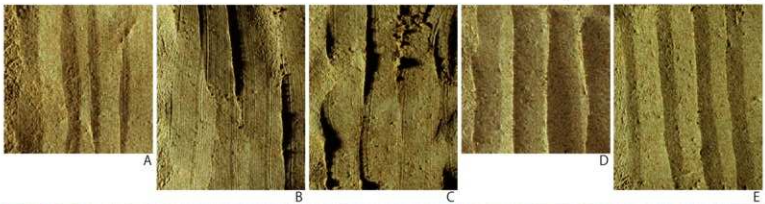
第 2.30 図　布粗 / 再加湿
Figure 2.30　rough cloth/rewetted.

第 2.31 図　布密 / 再加湿
Figure 2.31　fine cloth/rewetted.

S=1/1



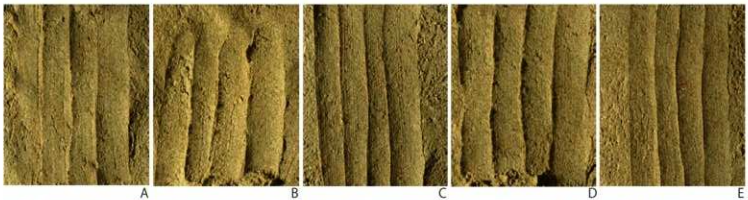
第 2.32 図　木ゴテ / 含水率高
Figure 2.32　a wooden tool/high.



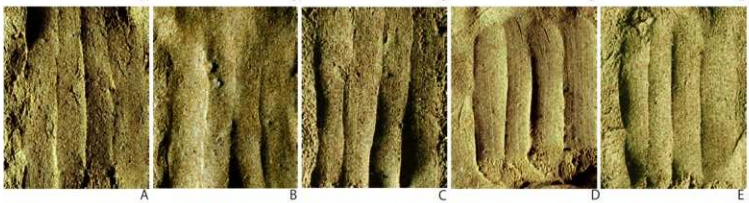
第 2.33 図　木ゴテ / 含水率中
Figure 2.33　a wooden tool/medium.

第 2.34 図　木ゴテ / 含水率低
Figure 2.34　a wooden tool/low.

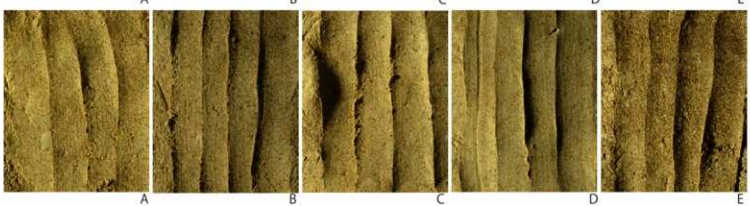
S=1/1



第 2.35 図　指タテ / 含水率高
Figure 2.35　a finger/vertical/high.



第 2.36 図　指タテ / 含水率中
Figure 2.36　a finger/vertical/medium.



第 2.37 図　指タテ / 含水率低
Figure 2.37　a finger/vertical/low.

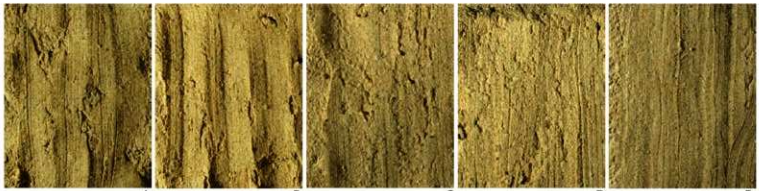
S=1/1

第 2.38 図　指ヨコ / 含水率高
Figure 2.38　a finger/horizontal/high.

第 2.39 図　指ヨコ / 含水率中
Figure 2.39　a finger/horizontal/medium.

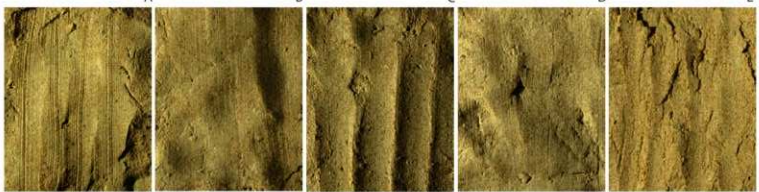
第 2.40 図　指ヨコ　含水率低
Figure 2.40　a finger/horizontal/low.

S=1/1



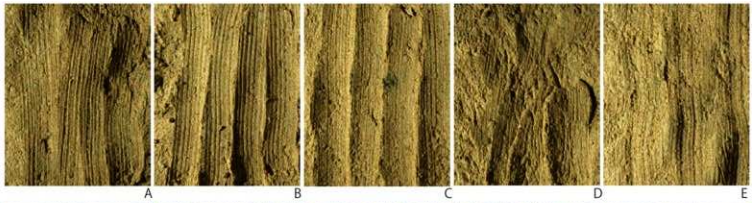
第 2.41 図　皮 / 含水率高
Figure 2.41　leather/high.

第 2.42 図　皮 / 含水率中
Figure 2.42　leather/medium.

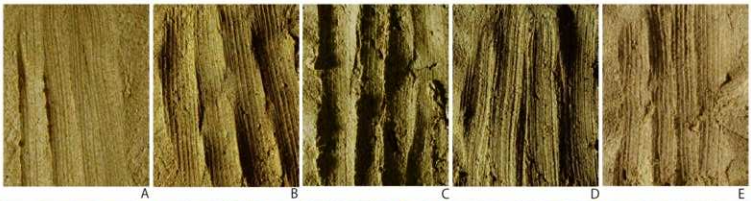


第 2.43 図　皮 / 含水率低
Figure 2.43　leather/low.

S=1/1



第 2.44 図　布粗 / 含水率高
Figure 2.44　rough cloth/high.



第 2.45 図　布粗 / 含水率中
Figure 2.45　rough cloth/medium.

第 2.46 図　布粗 / 含水率低
Figure 2.46　rough cloth/low.

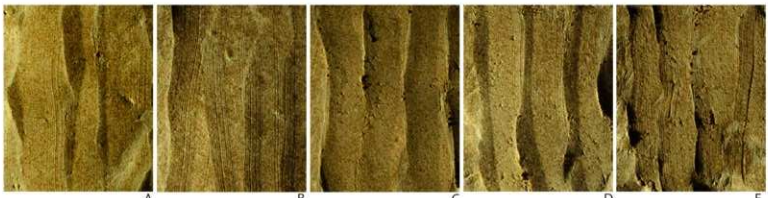
S=1/1

第 2.47 図　布密 / 含水率高
Figure 2.47　fine cloth/high.

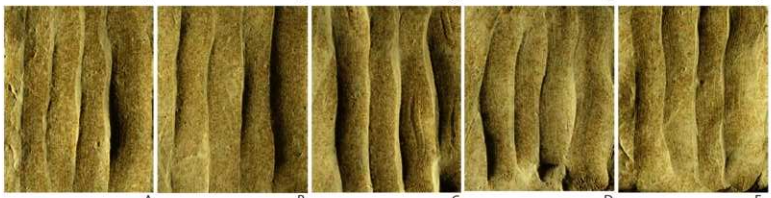
第 2.48 図　布密 / 含水率中
Figure 2.48　fine cloth/medium.

第 2.49 図　布密 / 含水率低
Figure 2.49　fine cloth/low.

S=1/1



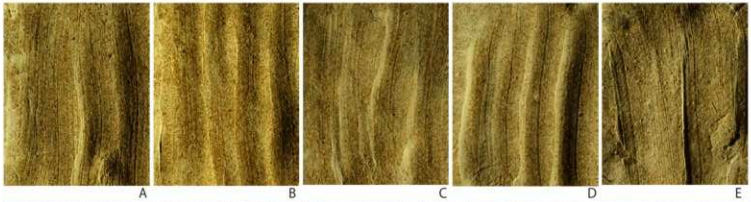
第 2.50 図　木ゴテ / 再加湿
Figure 2.50　a wooden tool/rewetted.



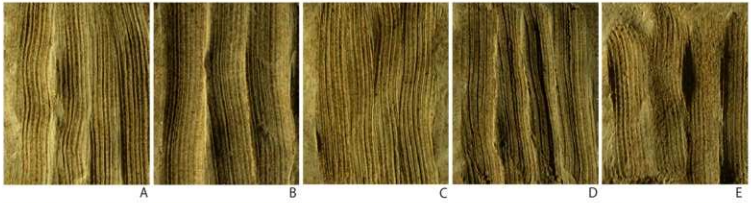
第 2.51 図　指タテ / 再加湿
Figure 2.51　a finger/vertical/rewetted.

第 2.52 図　指ヨコ / 再加湿
Figure 2.52　a finger/horizontal/rewetted.

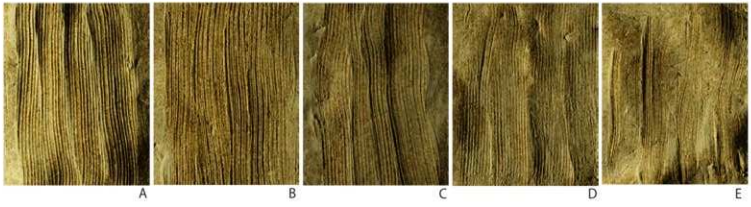
S=1/1



第 2.53 図　皮 / 再加湿
Figure 2.53　leather/rewetted.



第 2.54 図　布粗 / 再加湿
Figure 2.54　rough cloth/rewetted.



第 2.55 図　布密 / 再加湿
Figure 2.55　fine cloth/rewetted.

S=1/1

参加者に対しての実験の手順の説明
An explanation about the process of the experiment.

粘土紐の作成
Forming clay which is imitation of the rings of Ento-Haniwa.

粘土紐の貼り付け
Sticking the belts.

含水率低・指ヨコの撫でる動作
Smoothing the sample by fingers with low water content.

含水率低・布の撫でる動作
Smoothing the sample by cloth with low water content.

含水率低・皮の撫でる動作
Smoothing the sample by leather with low water content.

第 2.56 図　実験の様子 3（記録者が撮影したもの）
Figure 2.56　The preparations of the experiment and the motions of participants.

第 2.2 表　実験結果一覧　　Table 2.2　The results of the observations.

使用した工具 tool	含水率（%） water content		製作者 potters	A 擦痕について					B 突帯下の沈線について		C その他の特徴
				A-a	A-b	A-c	A-d	A-e (0.5 c m間の数)	B-a	B-b (cm)	
指 A finger	中 medium	28.6	A	○	不明瞭	○	不明瞭	11	-	-	擦痕は浅いが細かい
		29.2	B	○	不明瞭	-	-	6	-	-	擦痕はほぼ見えない
		28.8	C	○	不明瞭	-	-	計測不可能	-	-	端面は擦痕が認められるがほぼ見えない
		29.2	D	○	明瞭	○	明瞭	7	-	-	
		29.1	E	○	明瞭	○	不明瞭	11	-	-	擦痕は浅いが細かい
	低 low	27.3	A	○	不明瞭	○	不明瞭	9	-	-	擦痕は浅いが細かい
		27.1	B	○	不明瞭	○	不明瞭	計測不可能	-	-	擦痕が認められるがほぼ見えない
		27.1	C	○	不明瞭	-	-	計測不可能			端面は擦痕が認められるがほぼ見えない
		27.3	D	-	-	○	不明瞭	6	-	-	端面は非常に滑らか
		27.1	E	○	明瞭	○	不明瞭	9	-	-	擦痕は浅いが細かい
皮 leather	中 medium	29.3	A	○	不明瞭	○	不明瞭	6	-	-	擦痕は浅い
		29.3	B	○	明瞭	○	明瞭	9	-	-	突帯下の沈線に似た擦痕が複数みられる
		29.1	C	○	不明瞭	○	不明瞭	8	-	-	擦痕は浅い
		28.3	D	○	明瞭	○	不明瞭	7	-	-	重ねて調整した痕跡がある
		28.9	E	○	不明瞭	○	不明瞭	7	-	-	
	低 low	26.8	A	○	明瞭	○	明瞭	8	○	3	突帯下の沈線は擦痕と平行
		28.5	B	○	不明瞭	○	明瞭	7	-	-	調整の際工具に手を添える位置が異なった可能性がある
		27.4	C	○	明瞭	○	明瞭	6	-	-	
		28.6	D	○	不明瞭	○	不明瞭	6	-	-	擦痕はしっかりあるが非常に浅い
		27.2	E	○	明瞭	○	明瞭	6	-	-	重ねて調整した痕跡がある
布① rough cloth	中 medium	29.0	A	○	明瞭	○	明瞭	6	-	-	布②中Aとよく似ている
		29.5	B	○	明瞭	○	不明瞭	6	-	-	
		28.2	C	○	明瞭	○	明瞭	6	-	-	
		29.2	D	○	明瞭	○	明瞭	7	-	-	重ねて調整した痕跡がある
		28.6	E	○	明瞭	○	不明瞭	8	-	-	
	低 low	27.4	A	○	明瞭	○	不明瞭	9	-	-	
		27.1	B	-	-	-	-	-	-	-	ナデではなく全体を押圧してしまっている
		26.8	C	-	-	○	不明瞭	7	-	-	突帯の含水率が高く整形できなかった
		27.1	D	-	-	-	-	-	-	-	ナデではなく全体を押圧してしまっている
		27.2	E	○	明瞭	○	明瞭	5	-	-	
布② fine cloth	中 medium	28.3	A	○	明瞭	○	明瞭	8	-	-	端部は布が擦れた様子がよく残っている
		29.2	B	○	明瞭	○	明瞭	9	-	-	重ねて調整した痕跡がある
		28.8	C	○	明瞭	○	不明瞭	6	○	4	突帯下の沈線は非常に浅い
		29.5	D	○	明瞭	○	明瞭	8	-	-	
	低 low	29.0	E	○	明瞭	○	明瞭	6	○	2	一部ナデではなく押圧してしまっている
		27.3	A	○	明瞭	○	不明瞭	7	-	-	
		26.8	B	-	-	-	-	-	-	-	ナデではなく全体を押圧してしまっている
		26.7	C	○	明瞭	○	明瞭	8	-	-	
		26.8	D	○	明瞭	-	-	5	-	-	端部まで工具が到達しなかった可能性がある 一部ナデではなく押圧してしまっている
		27.2	E	○	明瞭	○	不明瞭	8	○	2	
（試作）布① （test） rough cloth	中→低 medium→low	28.6		○	明瞭	○	不明瞭	12	-	-	深さが多様な擦痕が明瞭についている
（試作）布② （test） fine cloth	中→低 medium→low	29.0		○	明瞭	○	不明瞭	12	-	-	深さが多様な擦痕が明瞭についている

第 2.3 表　端面の擦痕の明瞭度「明瞭」の割合（%）

Table 2.3 The percentage of the samples whose traces are clear on the upper part of the protruding belts.

使用した工具 tool	含水率（%） water content	割合（%）	含水率（%） water content	割合（%）
指 A finger	中 medium	40	中+低 medium+low	30
	低 low	20		
皮 leather	中 medium	40	中+低 medium+low	50
	低 low	60		
布① rough cloth	中 medium	100	中+低 medium+low	70
	低 low	40		
布② fine cloth	中 medium	100	中+低 medium+low	90
	低 low	80		

※試作品は除く

第 2.4 表　端部の明瞭度の割合（%）

Table 2.4 The percentage of the samples whose traces are clear on a part of Haniwa surface on which traces are left.

使用した工具 tool	含水率（%） water content	割合（%）	含水率（%） water content	割合（%）
指 A finger	中 medium	20	中+低 medium+low	10
	低 low	0		
皮 leather	中 medium	20	中+低 medium+low	50
	低 low	80		
布① rough cloth	中 medium	60	中+低 medium+low	40
	低 low	20		
布② fine cloth	中 medium	80	中+低 medium+low	50
	低 low	20		

※試作品は除く

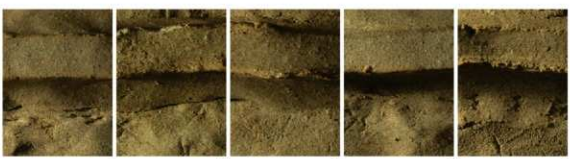
第 2.5 表　擦痕の平均ピッチ数（本）

Table 2.5 The average number of striation.

使用した工具 tool	含水率（%） water content	平均ピッチ数（本）	含水率（%） water content	平均ピッチ数（本）
指 A finger	中 medium	8.8	中+低 medium+low	8.4
	低 low	8		
皮 leather	中 medium	7.4	中+低 medium+low	7
	低 low	6.6		
布① rough cloth	中 medium	6.6	中+低 medium+low	6.8
	低 low	7		
布② fine cloth	中 medium	7.4	中+低 medium+low	7.2
	低 low	7		

※計測不可能だったサンプル・試作品は除く

第 2.60 図　指　含水率中
Figure 2.60　Traces left by a finger on the samples with medium water content.

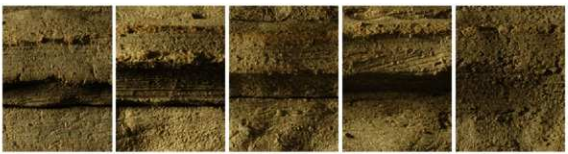


第 2.61 図　指　含水率低
Figure 2.61　a finger/low.

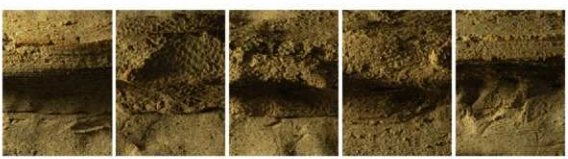
第 2.62 図　皮　含水率中
Figure 2.62　leather/medium.

第 2.63 図　皮　含水率低
Figure 2.63　leather/low.

S=1/1

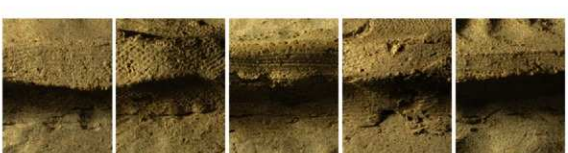


第 2.64 図　布粗　含水率中
Figure 2.64　rough cloth/medium.



第 2.65 図　布粗　含水率低
Figure 2.65　rough cloth/low.

第 2.66 図　布密　含水率中
Figure 2.66　fine cloth/medium.



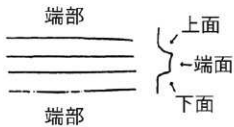
第 2.67 図　布密　含水率低
Figure 2.67　fine cloth/low.

S=1/1

第 2.68 図　〈試作〉布粗　含水率中 - 低
Figure 2.68　rough cloth/medium-low.

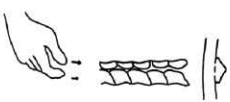
第 2.69 図　〈試作〉布密　含水率中 - 低
Figure 2.69　fine cloth/medium-low.

S=1/1



第 2.57 図　各部の名称（藤井 2003 に名称を追加）
Figure 2.57　The name of each part of the clay belts.

第 2.70 図　諏訪古墳出土円筒埴輪突帯（今西撮影）
Figure 2.70　Ento-Haniwa’s Clay belts from the Suwa Kofun Tumulus. (this picture was taken by the author)



第 2.58 図　粘土紐押圧の方法（藤井 2003）
Figure 2.58　The method of sticking the belts.

第 2.71 図　御山古墳出土円筒埴輪突帯（今西撮影）
Figure 2.71　Ento-Hniwa’s Clay belts from the Oyama Kofun Tumulus. (this picture was taken by the author)

第 2.59 図　擦痕と平行に付く沈線（今西撮影）
Figure 2.59　Traces parallel to the belts on the surface of the Ento-Haniwa. (this picture was taken by the author)

第３章　石器による鹿角切断実験

花田杜綺・川上知哉・青木要祐

第１節　目的と意義

鹿角は先史時代では石と並んで重要な道具の素材であり、縄文時代には鹿角から釣針や刺突具、装飾品等多種多様な道具が製作された。骨角器は生活に欠かせない道具であり、骨角器に関連する技術の復元は先史時代の生活の一端を明らかにする上で重要なテーマであるが、その製作技術に関しては不明な点が多い。それはこれまでの研究に偏りがあったことが一因である。

骨角器研究はモースの大森貝塚の研究（モールス 1963）に始まる。しかし、その研究の発展には分野ごとの差がみられ、器種では漁撈具、研究内容としては分類・編年研究に偏っており、戦前では製作・使用に関する研究は一部で散見されるのみであった（清野 1914、長谷部 1925・1933）。戦後になると未製品や骨表面の製作痕跡から製作方法に関して注目され始めた。例えば、金子浩昌は釣針の製作工程を未製品から推察している（金子 1964）。他の製作に関する研究として、楠本政助は実際に現生動物の骨角を使用した製作実験をしており、骨角加工における湿潤状態、磨り技法の有効性を指摘した（楠本 1973）。

しかし、このような実験に基づく製作技術の推定は遺物類（未製品・完形品・加工道具など）の分析を通じた裏付けを十分に施しているとは言い難く、先史時代に使用されたと考えられる道具と技術によって加工方法を実践したものとなっている。製作工程を追求する過程での製作の細かな手順、つまり「どのように鹿角を分割したのか」、「何を用いて切断・研磨したのか」といった工程が不明確であることが課題である。この課題をクリアするために、痕跡学という手法でどの道具がどの過程で使用されたのかを遺物表面に残された加工痕から明らかにする。痕跡学とは遺物に残された痕跡と人間行動の関連性に関する研究方法である（御堂島 2001）。痕跡を形成した要因を明らかにすることで、その遺物に関わる人間の行動を復元することができる。この痕跡学的な方法論を前提に、考古資料の顕微鏡観察を行ったのが S.A.Semenov（Semenov1964）である。Semenov 以後、この方法は実験によって形成された痕跡と遺物に見られる痕跡の関係を比較する研究に応用されている。この研究方法を用いれば、骨角器の詳細な製作工程を推定することができる。

海外では、21 世紀前後から実験に基づく製作痕・使用痕に関する論考が増えており（Annelou2007, Legrand2008, Natacha2011）、例えば Natacha Buc は先端を尖形に加工した刺突具のレプリカを作成し、使用実験前後の骨角器表面の変化を顕微鏡で観察した。日本では、1984 年の『中沢目貝塚』（梶原 1984）で骨角器表面の顕微鏡観察が行われた。2000 年代以降、骨角器の製作痕跡の研究は増加する傾向にある（原田 2000、松井 2002、藤山 2014、川添 2018、鹿又 2019）。

しかし、海外と比較すると遺物に残された痕跡を分析した論考は少ない。それは痕跡学的分析に必要な実験データが十分に蓄積されていないためである。このことから、本実験では骨角器の痕跡学研究の基礎データの蓄積を目的とし、製作工程の 1 段階である切断工程を取り上げて、切断時に形成される痕跡の特徴を明らかにする。切断工程は基礎的な製作工程であり、製品である骨角器であれば必ず行われた工程である。本実験では切断に際して用いた道具、鹿角の状態、切断時の状況を細かに設定することで各条件によって発達する切断痕跡の違いを把握し、遺物への応用と鹿角製作の基礎工程である切断工程の詳細な復元を目指す。

第２節　実験について

1.　実験の説明

本実験では 3 本の鹿角を用意した。それぞれ大きさが異なる。各鹿角の第 1 枝と角幹を異なる条件で切断した

（第 3.1、3.2 図）。異なる条件とは、鹿角の条件（乾燥／水漬け）、加工石材の条件（黒曜石／頁岩）（第 3.3 図）、切断時の条件（水添加／水添加なし）の 3 つの条件を組み合わせて設定した条件である。切断手順としては、

1　剥片で鹿角に溝を付ける（sawing）

2　溝が一周したら、楔形石器を溝に添えてハンマーで叩き折る

である。それぞれの実験の詳細（第 3.4 図）は以下の通りである。

(1) 鹿角大（最大長約 70cm）

7 月 11 日から 14 日までの 4 日間水漬けした。7 月 15、16 日に第 1 枝と角幹部の切断を行った。

第 1 枝の切断（No.1）　水漬けしていた鹿角を 7 月 16 日に切断した。頁岩製剥片 2 点を用いて溝を付けた。その際、石器を水につけ溝の中を常に湿らせた条件で行った。溝が鹿角内部の海綿体に到達すると、楔形石器を溝にあてハンマーで叩き折った。鹿角の円周は約 12cm、作業時間は 2 時間 20 分、動作回数 16000 回である。

角幹の切断（No.2）　水漬けしていた鹿角を 7 月 15、16 日両日使って切断した。頁岩製剥片 9 点を用いて溝を付けた。その際、剥片を水につけ、溝の中を常に湿らせた条件で行った。溝が鹿角内部の海綿体に到達すると、楔形石器を溝にあてハンマーで叩き折った。鹿角の円周は約 12.5cm、作業時間は 3 時間 10 分、動作回数 18000 回である。

(2) 鹿角中（約 65cm）

7 月 4 日から 10 日までの 6 日間水漬けした。7 月 11、14 日に第 1 枝と角幹部の切断を行った。

第 1 枝の切断（No.3, 4）　水漬けしていた鹿角を 7 月 14 日に切断した。黒曜石製剥片 2 点を用いて溝を付けた。その際、剥片を水につけ溝の中を常に湿らせた条件で行った。溝が鹿角内部の海綿体に到達すると、楔形石器を溝にあてハンマーで叩き折った。鹿角の円周は約 7.5cm、作業時間は 1 時間 15 分、動作回数 6000 回である。

角幹の切断（No.5, 6）　水漬けしていた鹿角を 7 月 11、14 日両日使って切断した。黒曜石製剥片 8 点を用いて溝を付けた。その際、剥片は水につけず行った。溝が鹿角内部の海綿体に到達すると、楔形石器を溝にあてハンマーで叩き折った。鹿角の円周は約 10cm、作業時間は 3 時間 30 分、動作回数 15000 回である。

(3) 鹿角小（約 50cm）

鹿角小は水漬けを行わず、乾燥状態を保った。7 月 24 日に第 1 枝と角幹部の切断を行った。

第 1 枝の切断（No.7, 8）　乾燥した鹿角を 7 月 24 日に切断した。頁岩製剥片 1 点を用いて溝を付けた。その際、剥片を水につけ溝の中を常に湿らせた条件で行った。溝が鹿角内部の海綿体に到達すると、楔形石器を溝にあてハンマーで叩き折った。鹿角の円周は約 9cm、作業時間は 1 時間 15 分、動作回数 10000 回である。

角幹の切断（No.9, 10）　乾燥した鹿角を 7 月 24 日に切断した。頁岩製剥片 1 点を用いて溝を付けた。その際、剥片を水につけずに行った。溝が鹿角内部の海綿体に到達すると、楔形石器を溝にあてハンマーで叩き折った。鹿角の円周は約 6.5cm、作業時間は 1 時間 15 分、動作回数 10000 回である。

2.　実験の所感

鹿角は水漬けを行った方が柔らかくなり切断しやすいことが指摘されている（楠本 1973）。しかし、今回行って感じたことは、鹿角が「水漬けされているかどうか」よりも「切断時に溝の湿り気が保たれているかどうか」であった。石器で鹿角を切っている時、その溝は摩擦熱によって水分が失われていく。そのため、石器を適宜濡らし溝の中を湿らせた状態を保っている条件の方が柔らかくなり切りやすい印象を受けた。しかし、実験を振り返ると、水の添加の有無は作業時間や動作回数と関連していない。原因としては、水を添加すると切断時に出る鹿角の粉末が水分を吸って団子状になり石器の刃部にまとわりつくため、石器の切れ味を落とし、手ごたえの割には作業効率が上がらなかったと考えられる。

また、今回の実験では軍手をはめて作業したが、素手では石器の稜が手にあたり痛かった。軍手があることで手へのダメージを軽減し、石器をしっかり保持して強く動かすことができた。先史時代の人々も切断作業をする際には軍手代わりとなる緩衝材が必要だったと思われる。

第３節　実験結果

実験で切断した面を金属顕微鏡（OLYMPUS　BX51M）（第 3.5 図）で 100 倍と 500 倍で観察した。実験で切断したままの状態では観察しづらいので、鋸でスライスしブロック状にして観察した。デジタルマイクロスコープでも試見したが、深度合成によって立体的に観察面を映し出せる一方で、線状痕のような微細な凹凸は分かりづらく鹿角の表面が白いこともあって、凹凸の読み取りづらい平面的な写真しか取れなかった（第 3.6 図）。操作次第で線状痕の幅や深さが測れる利点がある一方、線状痕が見えづらいという根本的な欠点があったため、今回の観察には金属顕微鏡を用いた。

１点につき２カ所を金属顕微鏡で観察した。また、No.6、10 では石材の比較として金属である鋸の切断痕も合わせて観察した。鋸を使用する際は、乾燥した状態で水を添加せずに切断した。観察所見は以下の通りである（第 3.1 表）。

No.1（第 3.7 図） 100 倍で観察した時、線状痕の幅、深度は様々である。幅が広い線状痕、幅がやや狭く長い線状痕、やや短く細い線状痕が観察できた。表面形状は滑らかであり、光沢は部分によって見られる。表面にはピットが確認できる。500 倍の場合、線状痕の溝内部が確認できる。凸部高所には非常に細かい線状痕が動作方向に走っており、溝底部にはピットが点在し凹凸が激しい。

No.2（第 3.8 図） 100 倍で観察した時、幅、深度が大小ある線状痕が見られる。幅広で深い線状痕や幅がやや狭く短い線状痕が確認できる。横方向の線状痕が多いが、縦方向に走るものもある。表面は粗く光沢が見られる。500 倍の場合では、表面の凸部が滑らかで丸みを帯びている一方で、溝底部は凹凸があることが分かる。

No.3（第 3.9 図） No.4 の対面部分となる資料である。100 倍で観察した時、幅はやや広く浅い線状痕が見られる。凸部高所は滑らかで丸みがある。その表面には光沢が確認できる。500 倍の場合、線状痕のような痕跡は確認できない。高所は表面が滑らかで光沢があるが、溝底部は小さなピットが点在しており、凹凸が激しい。

No.4（第 3.10 図） No.3 の対面部分となる資料である。100 倍で観察した時、細長い線状痕と幅広の線状痕が混在している。表面は滑らかで光沢が見られる。500 倍の場合、細かい線状痕を詳細に観察できる。凸部高所は丸みを帯びておらず角張っている。高所、溝内部両方とも表面は滑らかで凹凸が少ない。

No.5（第 3.11 図） No.6 の対面部分となる資料である。100 倍で観察した時、幅、深度の異なる線状痕が見られる。幅の広く深い線状痕と幅の狭く細い線状痕が見られる。凸部高所に光沢を確認できる。500 倍の場合では線状痕の底部に見られる細かな線状痕が見られる。表面は滑らかであり丸みを帯びている。

No.6（第 3.12 図） No.5 の対面部分となる資料である。100 倍で観察した時、幅広で浅い線状痕と幅は狭いが深度はやや深い線状痕が見られる。光沢は凸部に見られる。500 倍の場合では、ピットが点在しており、表面は滑らかでやや凹凸がある。

鋸の場合、100 倍で観察した時、幅広で浅い線状痕と細長い線状痕が全体的に見られる。表面は滑らかである。500 倍で観察すると、100 倍の時では観察できなかった光沢が所々見られ、高所は角張っている。

No.7（第 3.13 図） No.8 の対面部分となる資料である。100 倍で観察した時、横方向に幅の狭く短い線状痕が見られる。線状痕の周辺にはピットや網目状の溝が確認でき、鹿角自然面の様相を残している（鹿又 2019）。表面は滑らかで光沢が見られる。500 倍の場合にも、自然面由来のランダムに伸びる溝と線状痕が見られる。表面は滑らかでやや光沢があり、大小のピットが点在している。

No.8（第 3.14 図） No.7 の対面部分となる資料である。100 倍で観察した時、幅、深度の異なる線状痕が見られる。幅が狭く浅い線状痕と幅がやや狭く深い線状痕がある。また、幅の広い線状痕の中には幅が狭く浅い線状痕が見られる。ピットが点在しているが、表面は滑らかである。光沢が全体的に確認できる。500 倍の場合、溝部分の凹凸は激しいが、高所の表面は滑らかでピットが点在している。

No.9（第 3.15 図） No.10 の対面部分となる資料である。100 倍で観察した時、幅、深度の異なる線状痕が見られる。幅が広い線状痕の中にはさらに細かな線状痕が確認できる。一方で幅が狭い線状痕は深い。凸部高所の表面は滑らかで光沢が見られる。500 倍の場合、細かな線状痕が見られる。表面は平坦で凹凸が少なく光沢を帯びる。幅広の線状痕の溝は直角に削り込まれている。

No.10（第 3.16 図） No.9 の対面部分となる資料である。100 倍で観察した時、細長い線状痕と幅広で浅い線

状痕が見られる。幅のある線状痕では、その溝の中にさらに細かい線状痕が走る。光沢は線状痕の縁辺の一部に見られる。500 倍の場合、幅広の線状痕の底部には細長く短い線状痕が見られる。表面は粗く光沢は見られない。鋸の場合、100 倍で観察すると幅、深度ともに小さい線状痕が湾曲している。また、線状痕が連なっている。500 倍の場合、幅の広く浅い線状痕の間に細い線状痕が見られる。表面は滑らかである。

第 4 節　考察

それぞれの条件ごとに比較する。

同じ条件の場合　No.3 と No.4、No.5 と No.6、No.7 と No.8 、No.9 と No.10 はそれぞれ切断した際の対面である。同じ石器で同じ量の動作回数を繰り返したため、似た線状痕が形成されることが予想される。しかし、実際は異なる特徴を示した。No.7a と No.8a、b（100 倍）のように線状痕の幅や深度は観察地点によって異なる（第 3.13 図 a（100 倍）と第 3.14 図 a、b（100 倍））。一方で、500 倍では光沢や表面に見られるピット、滑らかさは似た特徴を示す（第 3.13 図 a（500 倍）と第 3.14 図 a（500 倍））。

乾燥鹿角と水漬け鹿角　No.1、2 と No.7、8 を比較する。No.1、2 は水漬け鹿角で No.7、8 は乾燥鹿角である。両方とも石材は頁岩、切断時に水添加している。比較した結果、どちらも幅の狭い細い線状痕ができる。しかし、乾燥鹿角の場合（No.7、8）、幅広の線状痕の中にさらに細かい線状痕が発達し、線状痕の溝の中まで光沢が観察できる（第 3.14 図 b（100 倍））。一方で、水漬け鹿角（No.1、2）では線状痕の中に細かい線状痕や光沢は見られない（第 3.8 図 a(100 倍)）。No.9 は乾燥鹿角であるが、No.8 と同様に線状痕の中に線状痕と光沢が見られる（第 3.15 図 b（100 倍））。他の水漬け鹿角ではこの特徴が見られないため、乾燥鹿角では幅の広い線状痕の中に細い線状痕と光沢ができることが特徴と言えるだろう。

水添加の有無　No.3、4 と No.5、6、No.7、8 と No.9、10 を比較する。No.3、4 と No.5、6 は水漬け鹿角で石材は黒曜石である。No.3、4 は切断時水添加されており、No.5、6 は切断時水添加されていない。No.7、8 と No.9、10 は乾燥鹿角で石材は頁岩である。No.7、8 は切断時に水添加されており、No.9、10 は切断時に水が添加されていない。しかし、No.8 と No.9 のように水添加の有無が異なっていても似たような線状痕、光沢、滑らかさが観察できる（第 3.14 図、第 3.15 図）ため、水添加の有無による特徴の違いは分からなかった。

加工道具　頁岩による痕跡の特徴は細く浅い線状痕の間に幅が広く深い線状痕が走ることである。光沢は高所で見られ、表面の滑らかさは高所では滑らかで溝底部は凹凸がある。No.2a が特徴をよく表す写真である（第 3.8 図 a）。

黒曜石の場合、No.5a や No.6a、b が特徴を理解しやすい（第 3.11 図 a、第 3.12 図 a、b）。細い線状痕の間に幅が広く深い線状痕が走る。しかし、頁岩よりも線状痕は発達しており、細い線状痕でも頁岩より深さがある。光沢、滑らかさに頁岩との差はない。

鋸による痕跡の特徴は、線状痕が全体的に現れ観察場所に左右されないことである。細かな線状痕が高密度で並んでいるため、線状痕同士が合わさって幅広の線状痕を形成することもある。一方で、線状痕の向きは統一されておらず、まとまりごとで異なる方向を向いている。No.10c が特徴をよく表す写真である（第 3.16 図 c）。鋸の特徴は線状痕が発達しやすく浅くて細かな線状痕が高密度で現れ動作方向を顕著に反映することとまとめられる。

まとめとして、線状痕の発達のしやすさは金属、黒曜石、頁岩の順に並ぶ。しかし、線状痕の幅、長さ、深さで特徴づけることは出来ない。凸部高所には光沢ができやすく線状痕の溝底部は凹凸しやすいことは石器全体に言える特徴である。しかし、鹿角は乾燥していた場合、線状痕の中に線状痕と光沢が見られることもある。また、石器では線状痕の見えやすい部分と見えづらい部分があった。1 点の鹿角の切断作業で同じ石器を使った場合でも線状痕の形成に差がある。本実験では一定の回数を数人で交代しながら行ったため、個人差が線状痕の発達の差につながった可能性がある。もしくは、石器の形態に左右されている可能性がある。二次加工の施された背面と二次加工のない平らな腹面とでは鹿角との接触具合が異なり、線状痕や鹿角表面の摩滅に差が生じた可能性がある。

第５節　今後の課題

本実験では、鹿角の含水率、石材、切断時の水分量を変化させて行った。しかし、作業回数が統一されていないこと、組み合わせていない条件があること、設定条件の把握が完璧ではなかったこと等課題が多く残った。特に顕微鏡観察で線状痕の発達は１点の中でも差があることが分かったため、その差が個人差によるものか検証する必要がある。さらに、対面の観察資料でも線状痕の特徴に差が生じた要因を明らかにするため、各面のさらに細かな条件、状況の把握が必要であり、本実験を基礎にさらなる追加実験が求められる。

製作工程の復元には角の切断実験（横割り実験）だけでなく、鹿角の裁ち割り実験（縦割り実験）、研磨実験、穿孔実験等骨角器製作の際に想定される工程を細かな条件設定のもと実験を行う必要がある。そして、実際に見られる遺物との痕跡の比較検証をしなければならない。

また、遺物にみられる痕跡は製作によるものだけではない。使用や埋没、発掘調査によって形成された痕跡があり、各段階で検証が必要である。今後は追加実験や遺物と実験資料にみられた痕跡の比較を行い、先史時代の製作工程、さらに使用、埋没過程まで視野に入れ、骨角器に関わる人間行動を明らかにしていきたい。

謝辞

本報告を執筆するにあたり、東北大学大学院文学研究科の阿子島香先生、鹿又喜隆先生、東北大学知の創出センターの Juthatip Wiwattanapantuwong 先生には、実験のご指導、分析のための格段のご配慮とご協力を賜った。また、実験には東北大学大学院文学研究科考古学、文化財科学専攻分野所属の学生の協力を得た。記して御礼申し上げる。

引用文献

エドワルド・エス・モールス　1967「大森介墟古物篇（翻訳）」『大森貝塚』pp.58-146　大森貝塚保存会
梶原洋 1984「第６章　5. c . 骨角器の顕微鏡観察」『中沢目貝塚』p.91 東北大学文学部考古学研究室
金子浩昌 1964「縄文時代における釣鉤の製作―磐城地方の縄文中期の資料を中心として―」『物質文化』3 pp.25-42 物質文化研究会
鹿又喜隆 2019「研磨技術の痕跡学：骨角器」『東北大学文学研究科研究年報』68 東北大学大学院文学研究科 pp.37-62（印刷中）
河合章行 2013「製作技法からみた骨角器の伝播」『動物考古学』30 動物考古学会 pp.291-307
川添和暁 2018「総論　弥生時代骨角器研究の展望」『考古学ジャーナル』710 ニュー・サイエンス社 pp.3-6
清野謙次 1914「日本石器時代の骨角石器の製法に就いて」『人類学雑誌』30-9 東京人類学會 pp.323-337
楠本政助 1973『仙台湾における先史狩漁文化』矢本町史第１巻先史別刷 矢本町
近藤義郎・佐原真 1983『大森貝塚』岩波書店
長谷部言人 1925「骨角匕」『人類学雑誌』40-11 東京人類学會 pp.398-405
長谷部言人 1933「骨角器漫談」『史前学雑誌』5-1 pp.40-48
原田幹 2000「朝日遺跡の骨角器製作と加工痕」『金大考古』33 金沢大学考古学研究室 pp.1-2
藤山龍造 2014「砥石から読み解く骨角器生産―栃原岩陰遺跡を中心に―」『古代文化』66-1 日本古代文化學會 pp.1-16
松井章 2002「骨角器の製作技法についての予察」『奈良文化財研究所紀要』独立行政法人文化財研究所奈良文化財研究所 pp.14-15
御堂島正 2001「トラセオロジーとしての実験考古学―石器製作における加熱処理を例として―」『考古学ジャーナル』479 ニュー・サイエンス社 pp.9-12
Annelou, V. G., 2007. The use of bone and antler tools: two examples from the late Mesolithic in the Dutch coastal zone. *Current Methods and Interpretations in Worked Bone Studies*. BAR International Series. 1622, 79-90.
Legrand, A., 2008. Neolithic bone needles and vegetal fibers working: experimentation and use-wear analysis, Prehistoric Technology' 40 years late. *Functional Studies and the Russian Legacy*. BAR International Series. 1783, 445-450.
Natacha, B., 2011. Experimental series and use-wear in bone tools. *Journal of Archaeological Science*. 38, 546-557.
Semenov, S. A., 1964. Section three Bone. *Prehistoric Technology; an Experimental Study of the oldest Tools and artefacts from traces of Manufactures and wear*. Adams & Mackay. 114-195.

Experimentation of sawing antlers by stone tools

Toki HANADA, Tomoya KAWAKAMI and Yosuke AOKI

Objective

In prehistoric periods, bone tools were indispensable for daily life, but detailed procedures of their manufacturing processes have remained unclear. To clarify details of the processes, one must infer what tools were used for which processes by observing the manufacturing traces on the surfaces of artifacts. However, research related to manufacturing traces on bone tools remains insufficient. The purpose of this study is to accumulate fundamental data based on tribology and to elucidate some characteristics of sawing traces.

Methods

We prepared three antlers of different sizes and sawed their first branch or beam under several conditions.

Conditions

1. Antler (dry / wet)
2. Working materials (shale / obsidian)
3. Sawing (getting dry or wet / sustain pre-sawing condition)

Sawing steps

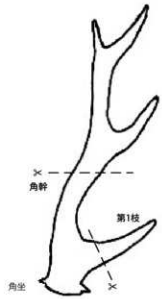
1. Groove antlers using stone tools to saw.
2. Attach a wedged stone on the groove and chop it while circling it around the antler.

In the first step, we recorded the number of strokes and the time.

After experimentation, we observed the sawed antlers using a metallurgical microscope at 100 × and 500 × magnification.

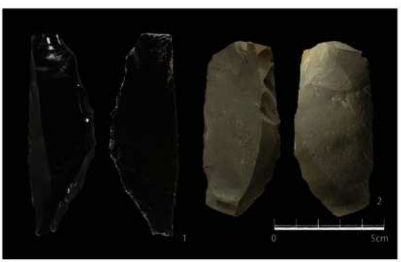
Results

Striations created by metal were the most defined, followed by obsidian and shale. However, working materials are difficult to distinguish by striation width, length, or depth. As a common characteristic of all stone materials, many polishing marks are apparent on the convex high points of striations. Rough surfaces were often formed on the bottom of the striation groove. However, for dry antlers, polishing was sometimes seen in the striations. Furthermore, when antlers were sawn using stone tools, both polished-clear and polished-unclear parts were observed. Some differences were noted in the form of striations even for one antler sample sawn using the same stone tools. Further studies must be done of conditions related to striation formation.



第3.1図　鹿角の部分名称と切断部分
Figure 3.1　name of parts and cutting parts. (antler)

第3.2図　石器の動作方向
Figure 3.2　sawing direction of stone tool.



1 黒曜石(obsidian)
2 頁岩(shale)

第3.3図　切断に用いた石器例
Figure 3.3　samples of stone tools.

第3.5図　観察に用いた金属顕微鏡
Figure 3.5　metallographic microscope used for observation.

第3.6図　デジタルマイクロスコープによる角表面の観察(100倍)
Figure 3.6　photo of antler surface. (100x, degital microscope)

作業風景全体
（左：カウント役　中央：角を切る役　右：角を抑える役）
scene of work(left: counting, middle: grooving, right: supporting)

石器で角に溝をつける様子
grooving on antler with stone tool(sawing)

石器で角に溝をつける様子
grooving on antler with stone tool(sawing)

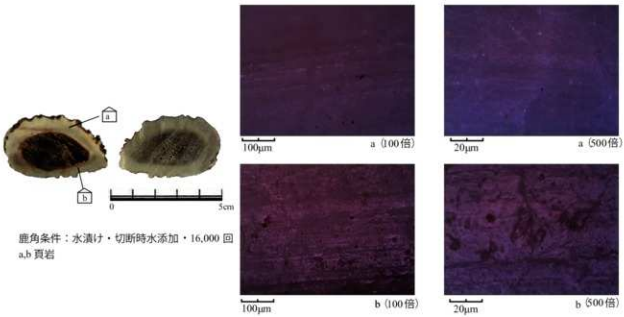
切断動作回数のカウントの様子
counting the number of stroke

角を折る様子（楔となる石をハンマーで叩く）
cutitng off antler with a wedge and hammer stone

角を折る様子（楔となる石をハンマーで叩く）
cutitng off antler with a wedge and hammer stone

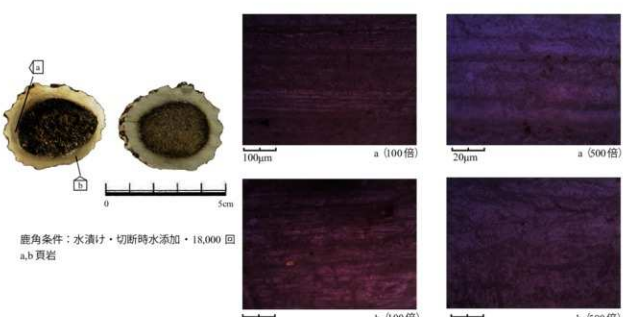
切断完成状況（上：ハンマー　中央：楔に使った石器　下：切断を終えた角）
completion of cutting off(top: hammer stone, middle: wedge stone, bottom: antler)

第3.4図　実験作業風景写真
Figure 3.4　photos of experiments.



鹿角条件：水漬け・切断時水添加・16,000 回
a,b 頁岩

第3.7図　鹿角の切断痕 No.1
Figure 3.7　traces of sawed antler no.1 (in a wet condition, 16000sts) shale.



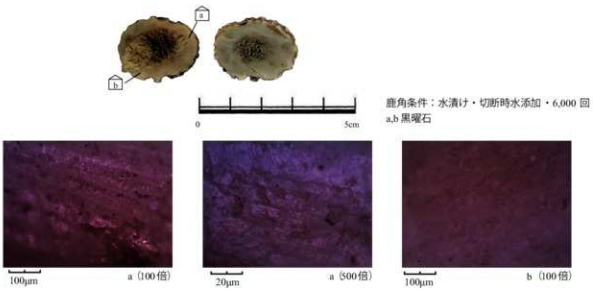
鹿角条件：水漬け・切断時水添加・18,000 回
a,b 頁岩

第3.8図　鹿角の切断痕 No.2
Figure 3.8　traces of sawed antler no.2 (in a wet condition, 18000sts) shale.

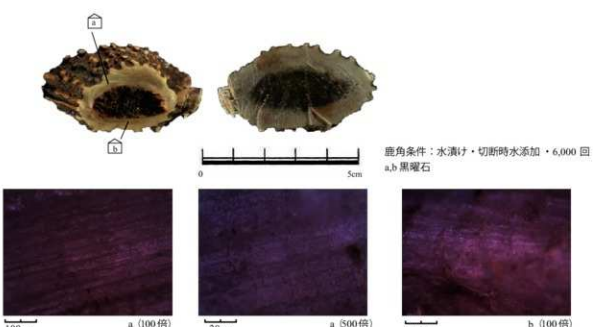
第3.1表　切断痕の観察所見
Table 3.1　note of sawing traces.

番号 (sample No.)	鹿角切断部位 (sawing part)	条件(condition)	回数(stroke)	石材(worked material)	観察地点 (observation point)	観察所見(note)	
						100倍(x100)	500倍(x500)
1	鹿角大 第1枝部分 (antler, large, first branch)	水漬け 切断時水添加 (wet/sustain that in cutting)	16000	頁岩(shale)	a	幅が広い線状痕。表面形状は滑らかであるが光沢は明瞭ではない。	写真中央部に100倍で観察できた線状痕が見られる。その溝の中に細長い線状痕が確認できる。
					b	幅・深度が大小ある線状痕。幅がやや狭く、浅く長い線状痕とやや短く細い線状痕がある。表面形状は滑らかであり、観察地点aと比較して光沢性は高い。表面にはピットが確認できる。	一つの線状痕の筋と溝内部が確認できる。凸部高所には非常に細かい線状痕が動作方向に走っている。溝底部は凹凸が激しく、ピットが点在している。
2	鹿角大 角幹部分 (antler, large, beam)	水漬け 切断時水添加 (wet/sustain that in cutting)	18000	頁岩(shale)	a	幅・深度が大小ある線状痕。幅広で深い線状痕が見られ、その間である凸部高所には幅が狭く浅い線状痕と光沢が見られる。	100倍の写真で観察された幅の広い線状痕である。幅の異なる溝が2条見られ、凸部表面は滑らかで丸みを帯び、溝底部ピットが点在し凹凸が付いている。
					b	幅がやや狭く短い線状痕が確認できる。写真上部では横方向の線状痕が多いが、写真下部では横方向と縦方向両方見られる。表面は粗く光沢が見られる。	表面は凹凸が激しく、線状痕の有無については顕著ではない。
3	鹿角中 第1枝部分 (antler, medium, first branch)	水漬け 切断時水添加なし (wet/get dry in cutting)	6000	黒曜石 (obsidian)	a	幅はやや広く浅い線状痕が見られる。凸部高所は滑らかで丸みがある。その表面は光沢が確認できる。	線状痕のような痕跡は確認できない。高所は表面が滑らかであるが写真下部では小さなピットが点在しており、凹凸が激しい。光沢が見られる。
					b	線状痕はあまり見られないが、幅の狭く長い線状痕が1条写真中央部を走っている。表面は滑らかである。	—
4	鹿角中 第1枝部分 (antler, medium, first branch)	水漬け 切断時水添加なし (wet/get dry in cutting)	6000	黒曜石 (obsidian)	a	細長い線状痕が明瞭に確認できる。その中には幅広の線状痕も混在している。やや斜めが光沢が見られる。	100倍で観察された細かい線状痕を詳細に観察できる。写真では浅い溝が2条確認できる。高所・溝内部両方とも表面は滑らかで凹凸が少ない。
					b	観察地点aと同様に細長い線状痕が明瞭に確認できる。凸部高所の表面は滑らかであり、光沢を帯びている。	—
5	鹿角中 角幹部分 (antler, medium, beam)	水漬け 切断時水添加 (wet/sustain that in cutting)	15000	黒曜石 (obsidian)	a	幅の異なる線状痕が見られる。写真上部では幅の広く深い線状痕、写真下部では幅の狭く細い線状痕が見られる。写真上部では凸部高所に光沢を確認できる。	写真下部には100倍の写真で観察された幅の広い線状痕の底部に見られる線状痕。表面は滑らかであり丸みを帯びている。
					b	幅の狭く、全体的に長い線状痕が見られる。写真右上部には幅の大きい明瞭な傷が確認でき、その溝縁部は光沢がある。	—

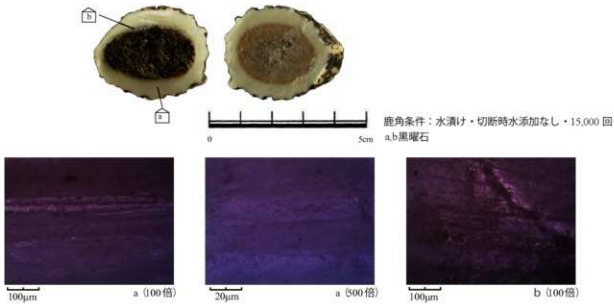
6	鹿角中 角幹部分 (antler, medium, beam)	水漬け 切断時水添加 (wet/sustain that in cutting)	15000	黒曜石 (obsidian)	a	幅は狭いが深度はやや深い線状痕が見られる。光沢は凸部に部分的に見られる。	線状痕が4条見られる。ピットが点在しており、表面はやや凹凸がある。
					b	横方向に幅広で浅い線状痕、縦方向には短く細い線状痕が見られる。表面は滑らかで光沢が見られる。	線状痕は見えない。表面は滑らかである。
				金属（鋸） /metal(saw)	c	幅の異なる線条痕。幅広で浅い線状痕と細長い線状痕が見られる。表面は滑らかである。	細長い線状痕が2条見られる。100倍の時では観察できなかった光沢が所々見られる。
7	鹿角小 第1枝部分 (antler, small, first branch)	乾燥 切断時水添加 (dry/get wet in cutting)	10000	頁岩(shale)	a	横方向に幅の狭く短い線状痕。線状痕の周辺にはピットや網目状の溝が確認できる。表面は滑らかで光沢が見られる。	少し蛇行した線状痕。表面は滑らかであり、大小のピットが点在している。
					b	横方向に幅の狭く細い線状痕であるが、ランダムに伸びる短い溝によって切られており、明瞭に観察できない。光沢は見られない。	ランダムに伸びる溝と線状痕が見られる。線状痕は溝によって切られている。表面は滑らかでやや光沢が見られる。
8	鹿角小 第1枝部分 (antler, small, first branch)	乾燥 切断時水添加 (dry/get wet in cutting)	10000	頁岩(shale)	a	幅・深度の異なる線状痕。幅が狭く浅い線状痕と幅がやや狭く深い線状痕がある。ピットが点在しているが、表面は滑らかである。光沢が全体的に確認できる。	線状痕は見えない。表面は滑らかで、ピットが点在しているのが確認できる。
					b	走向の異なる2方向の線状痕。顕著な沈線が数条見られ、その底部にはさらに幅・深度の小さい線状痕が確認できる。全体的に表面は滑らかであり、光沢性が高い。	1条の溝の底部と筋を観察できる。表面は全体的に滑らかであるが、溝縁部は凹凸が激しく、直線状の溝を形成していない。
9	鹿角小 角幹部分 (antler, small, beam)	乾燥 切断時水添加なし (dry/sustain that in cutting)	10000	頁岩(shale)	a	幅・深度の異なる線状痕。幅がやや広い線状痕は浅くその中にさらに細かな線状痕が確認できる。一方で幅が狭い線状痕は深い。凸部高所の表面は滑らかで丸みを帯びている。写真左下には異なる方向の線状痕が見られる。	細かな線状痕が数条見られる。表面は平坦で凹凸が少ない。光沢が見られる。
					b	幅が広く深い線状痕が顕著に確認できる。またそれらの間に幅・深度の小さい線状痕が見られる。表面は滑らかであり、光沢を帯びている。	1条の溝の底部と筋を観察できる。表面は滑らかであり、溝は底部から直角に削り込まれていることが確認できる。また溝底部にピットが見られる。
10	鹿角小 角幹部分 (antler, small, beam)	乾燥 切断時水添加なし (dry/sustain that in cutting)	10000	頁岩(shale)	a	幅広で浅い線状痕が見られ、その溝の中にはさらに細かい線状痕が走る。光沢は見られない。	幅広の線状痕の底部で、細長く短い線状痕が見られる。表面は凹凸が少なく光沢は見られない。
					b	細長い線状痕が見られる。深度は大小あり、長いものは少ない。光沢は線状痕の縁辺の一部に見られる。	写真中央部に深い線状痕が2条見られる。表面は粗いが、凹凸は少なく光沢は写真上部にしか見られない。
				金属（鋸） /metal(saw)	c	幅・深度ともに小さい線条痕が湾曲している。また写真左上には斜方向に走る線状痕が連なって見られる。	幅の広く浅い線状痕が2条伸びており、その間に細い線状痕が見られる。表面は滑らかである。



第3.9図　鹿角の切断痕 No.3
Figure 3.9　traces of sawed antler no.3 (in a wet condition, 6000sts) obsidian.

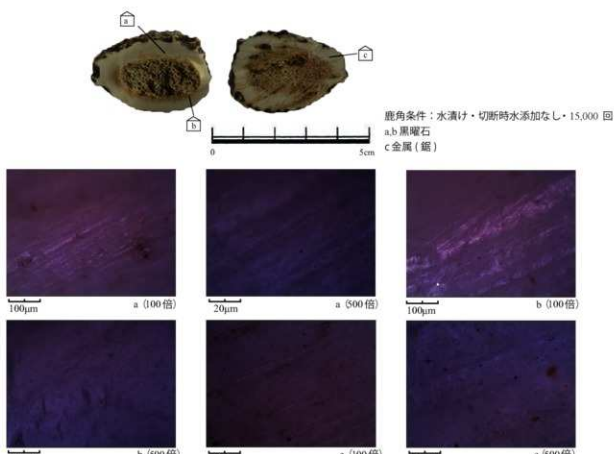


第3.10図　鹿角の切断痕 No.4
Figure 3.10　traces of sawed antler no.4 (in a wet condition, 6000sts) obsidian.



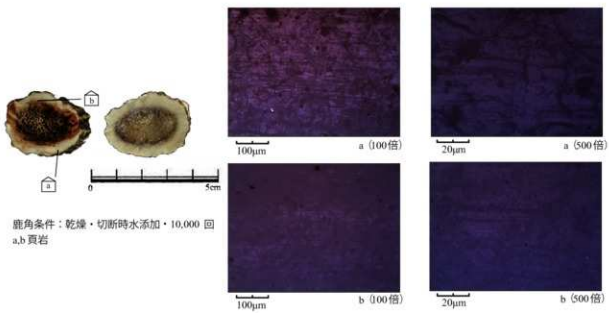
第3.11図　鹿角の切断痕 No.5

Figure 3.11　traces of sawed antler no.5 (from a wet condition to get dry in cutting, 15000sts) obsidian.



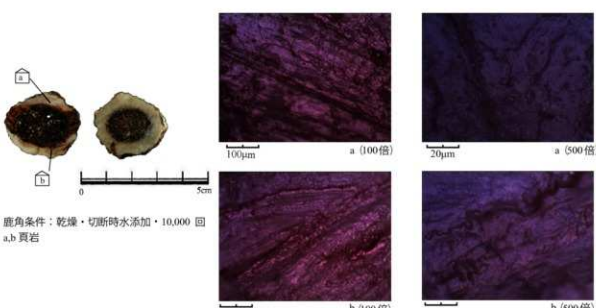
第3.12図　鹿角の切断痕 No.6

Figure 3.12　traces of sawed antler no.6 (from a wet condition to get dry in cutting, 15000sts) obsidian(a,b) and metal(c).



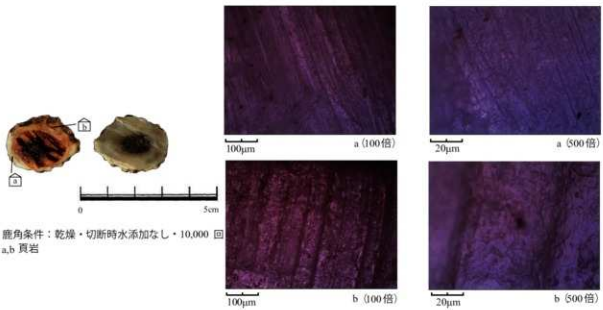
鹿角条件：乾燥・切断時水添加・10,000 回
a,b 頁岩

第3.13図　鹿角の切断痕 No.7
Figure 3.13　traces of sawed antler no.7 (from a dry condition to get wet in cutting, 10000sts) shale.



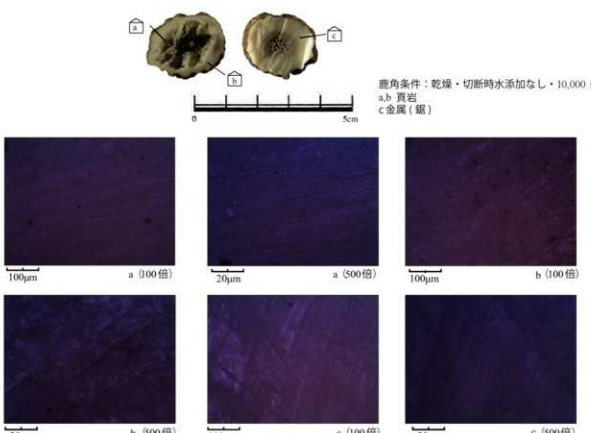
鹿角条件：乾燥・切断時水添加・10,000 回
a,b 頁岩

第3.14図　鹿角の切断痕 No.8
Figure 3.14　traces of sawed antler no.8 (from a dry condition to get wet in cutting, 10000sts) shale.



第3.15図　鹿角の切断痕 No.9

Figure 3.15　traces of sawed antler no.9 (in a dry condition, 10000sts) shale.



第3.16図　鹿角の切断痕 No.10

Figure 3.16　traces of sawed antler no.10 (in a dry condition, 10000sts) shale(a,b) and metal(c).

第 4 章　細石刃の製作実験

青木要祐・瀬下直人

第 1 節　実験の目的と背景

日本列島の後期旧石器時代後半期には、細石刃石器群が広く盛行した。細石刃石器群は細石刃核の形態によって分類され、その一種である楔形ないし舟底形の細石刃核には甲板面に擦痕がみられるものも含まれる（第 4.1 図）。それらは北海道・本州・九州と広い範囲でみとめられるが、特に北海道に多く存在し、祊別技法（吉崎 1959）による白滝型細石刃核のほか、峠下細石刃核の一部（杉原・戸沢 1975、名取・松下 1961）やホロカ型細石刃核の一部（鶴丸編 2008）にもみられる。とりわけ白滝型細石刃核甲板面の擦痕は古くから注目されてきた。先行研究では、擦痕は細石刃剥離の直前に施され（山田 1986）、滑り止めとなって細石刃剥離を容易にするものであるとされる（藤川 1959、大沼・久保田 1992、大沼 1995）。筆者も細石刃及び細石刃核の形態分析から、擦痕は細石刃核が極小化するまで細石刃剥離を可能にするものと推測し、石材利用の効率化・省資源化につながるものと考えている（青木 2018）。しかし、筆者の仮説は出土遺物の分析によるものであり、この仮説を検証するためには擦痕の有無を条件として細石刃の製作実験を行う必要がある。そこで、細石刃核甲板面の擦痕がどのような効果をもつものなのか明らかにすることを目的とし、細石刃の製作実験を行った。

第 2 節　ワークショップ当日の実験

1．実験の方法

実験は 2018 年 7 月 24 日に、東北大学川内南キャンパスにて実施した。まず北海道白滝産の黒曜石を素材とし、2 点の峠下型細石刃核を製作した。その後、1 点の細石刃核甲板面を黒曜石製の剝片縁辺で甲板面長軸と平行方向に擦り、擦痕を施した（第 4.2 図 1）。擦痕で甲板面の約半分がおおむね覆われるまで、回数にして約 100 回程度擦っている。以下では、擦痕を施した細石刃核を ST-0、擦痕のないもう一方を NST-0 とする。

細石刃剥離には鹿角製押圧具を使用し、最初に ST-0、次に NST-0 の順で行った。その際、細石刃核は布製手袋で保護した掌で保持し、牛革を敷いた木製の机に押し当てる形で固定した（第 4.2 図 2）。その他の固定具は使用していない。

2．実験の結果

実験で剥離した細石刃の計測値・属性表を第 4.1 表、第 4.2 表に示す [4.1]。なお、計測部位は第 4.3 図に示した。

ST-0 では 32 点、NST-0 では 16 点の細石刃を剥離した。計測値をみると、NST-0 から剥離された細石刃の方が ST-0 よりも全体的に大きいことがうかがえるが、それ以上に ST-0 の細石刃の長さが非常に短いことが特筆される。これは実験者の技術不足により、細石刃が寸詰まりになったものと考えられる。また実験者からは、実験の進行に伴って次第に慣れが生じ、後に実験を行った NST-0 の方がより上手く細石刃を剥離できたとの意見もあった。細石刃打面のサイズでは、NST-0 が打面厚・打面幅ともにわずかに大きい傾向にある。

細石刃の形態をみると、湾曲・曲がりが ST-0 では発生していないのに対し、NST-0 では共に 13%の割合で生じている。ねじれでは ST-0 の方がやや発生率が高い。そして、剥離前に擦痕を施していない NST-0 から剥離された細石刃の打面に擦痕が確認されないのは自明だが、剥離前に擦痕を施した ST-0 から剥離された細石刃の打面でも半数以下の 43%にしか擦痕が確認できなかった。これは施す擦痕の量が少なかったことに起因すると考えられ、このため、事前に擦痕を施していた ST-0 の細石刃でも擦痕の影響が十分に反映されていない可能性が高い。

擦痕の付与が不十分であったことと、実験者の技量による結果への影響を無視できないことから、施す擦痕の

量を増やすとともに、熟達した石器製作技術を持つ者が実験を行う必要性が認識された。

第3節　追加実験

1．実験の方法

前節にて追加実験の必要性が認識されたため、2018年12月20・21日に北海道遠軽町に所在する遠軽町埋蔵文化財センターにて、同センター学芸員の瀬下直人氏にご協力いただき、追加実験を行った。

細石刃核は北海道白滝産の黒曜石を素材とし、遠軽町タチカルシュナイ第V遺跡C地点（須藤・平口・千葉1973）出土の白滝型細石刃核ブランク接合資料（第4.5図）をモデルとして2点製作した（第4.6図1, 2）。うち1点の細石刃核甲板面を黒曜石製スキー状スポールの基部付近左側面で擦り、擦痕を施した。スキー状スポールが細石刃核甲板面と直交するように保持し、甲板面長軸と並行方向に擦っている（第4.6図3）。これは、白滝型細石刃核及びそれと共伴するスキー状スポールに残る擦痕・つぶれの特徴から復元した動作（青木2018）に基づく。細石刃核甲板面の約7割が擦痕で完全に覆われるまで、約20分間かけて1000回程度擦った。擦痕付与の際には細石刃核を鹿革、スキー状スポールを牛革でくるんで保持している。以下では、擦痕を施した細石刃核をST-1、擦痕のないもう一方をNST-1とする。

細石刃剥離の際には鹿角製押圧具を使用し、細石刃核底縁を木製固定具に嵌めた上から鹿革でくるんで細石刃剥離を行った（第4.6図4）。

2．実験の結果

実験前後の細石刃核の計測値を第4.3表、実験で剥離した細石刃の計測値・属性表を第4.4表、第4.5表に示す[4.1]。なお、細石刃核の計測部位は第4.7図に示した。細石刃の計測部位は前節と同様である。ST-1では80点、NST-1では82点の細石刃を剥離した。ただし、それぞれ最初に剥離した稜付き細石刃や作業面調整を意図して大きく剥離した細石刃は分析対象から除外したため、実際の分析対象はST-1で78点、NST-1で79点であった。実験前後の細石刃核の計測値から、細石刃剥離によってST-1は34㎜、NST-1は36㎜甲板面が後退していることがうかがえる。細石刃核前面角を比較すると、実験前のST-1は89°、NST-1は72.5°と差があったものの、実験後の細石刃核前面角では両者とも約60°に収束している。

細石刃の大きさを比べると、幅・厚さの差は僅かだが、長さをみるとST-1の方が7㎜長くなっている（第4.8図～第4.10図）。これは使用した細石刃核の高さの違いに起因するものと思われる。打面厚・打面幅ではST-1から剥離されたものの方が僅かに大きくなっている（第4.11図）。過去に筆者が行った出土遺物の分析では、擦痕ある細石刃の打面の方が擦痕のない細石刃の打面よりも大きい傾向にあることが示されており（青木2018）、今回の実験結果でもわずかな差ではあるが、類似する結果が得られた。

細石刃の形態的特徴を比較すると、ST-1から剥離されたものは内湾する割合が高い。そのほか、NST-1は右にねじれる割合が67％と非常に高いが、左右ねじれ合計の出現割合ではST-1、NST-1に大きな違いはない。両細石刃核とも実験の際には同じ動作で細石刃剥離を行ったため、ねじれの左右別発生率に大きな差が生じたのは、それぞれの細石刃核の甲板面の傾斜など、細石刃核の形態による可能性が考えられる。剥離前に擦痕を施したST-1から剥離された細石刃には、全点で打面の擦痕が確認された。なお、剥離実験を行った瀬下氏からの聞き取りでは、押圧具ではなく細石刃核を保持する点で擦痕が滑り止めの役割を果たしているとの指摘があった。

第4節　考察と課題

追加実験では、擦痕を施したST-1から剥離された細石刃の打面が、擦痕を施していないNST-1から剥離された細石刃の打面よりも大きいという結果が得られた。筆者が過去に行った出土遺物の分析でも同様の結果が得られており、加えて擦痕ある細石刃核の前面角は擦痕ない細石刃核の前面角よりも大きいことが確認されていた（青木2018）。しかし、今回の実験では細石刃核の前面角は擦痕の有無による差が生じていない。出土細石刃核における前面角の差は擦痕以外の要素によって生じている可能性も考えられるが、実験はまだ一組でしか行えていな

いため、まずは実験の回数を重ねてサンプルをより多くして検討する必要があるだろう。また、ST-1・NST-1 から剥離された細石刃の大きさ・形態は、それぞれの細石刃核の大きさ・形態による制限を受けており、細石刃の大きさ・形態が細石刃核の大きさ・形態から大きな影響を受けることが示された。今後の実験において、大きさ・形態への影響を検討する場合には、細石刃核の大きさ・形態をより制御する必要がある。

擦痕の効果に関しての実験中の所見としては、押圧具ではなく細石刃核を保持する点で擦痕が滑り止めの役割を果たしていることが挙げられた。これまでも擦痕には滑り止めの役割が想定されてきたが、押圧具が滑らないようにするもの（藤川 1959、大沼・久保田 1992）という解釈が主であった。そのため、今回の実験では従来から言われてきた部位とは別の部位に滑り止めとして作用した可能性が考えられる。今回は細石刃剥離の際に、細石刃核作業面に対して正面側から甲板面の縁辺に押圧具を当て、押圧具先端を押し下げるようにして押圧した（第 4.13 図）。このほか、細石刃剥離における押圧の動作には、大沼克彦（大沼・久保田 1992）が示したように細石刃核の甲板面上方から縁辺に押圧具を当て、押し出すように押圧する動作（第 4.14 図）など、製作者によっていくつかの動作が考えられる。長井謙治は有舌尖頭器にみられる斜行剥離の分析から石器づくり伝統、すなわち「石器扱い」という概念を提唱したが（長井 2009）、後期旧石器時代における細石刃製作の過程でも同様に各製作者による動作の違い、「石器扱い」の違いが存在した可能性は高い。当時のそうしたバラエティを完全に復元することは不可能だが、過去に行われた実験と今回の実験の結果を踏まえると、擦痕による効果や影響は単一の要素によらず、複数の要素が連鎖して発生するものであることが考えられる。

石器製作に対してより厳密に実験を行うならば、機械等によって工学・力学的に制御した実験を行うことも可能だが、そうした実験では今回の実験で得られたような所見、「主観的な知」を得ることは難しい。今回の実験を通して、作業内容を実践して実験を行うことの有効性・重要性がいっそう認識された。

謝辞

本実験は東北大学知の創出センター主催、知のフォーラム（Tohoku Forum for Creativity）Workshop for Young Archaeologists の一環として実施した。また、本報告は上記プログラムのほか、筆者が受給した 2018 年度東北大学学際高等研究教育院博士研究教育院生研究支援の成果の一部を含む。

本報告を執筆するにあたり、東北大学大学院文学研究科の阿子島香先生、鹿又喜隆先生、東北大学知の創出センターの Juthatip Wiwattanapantuwong 先生には、実験のご指導、分析のための格段のご配慮とご協力を賜った。また、遠軽町埋蔵文化財センターの瀬下直人氏には実験にご協力いただいた。記して御礼申し上げる。

第 4 章註

4.1）剥離した細石刃は全て計測しているが、それぞれの計測部位が残存しているもののみを分析対象とした。例えば、長さでは完形のもの、幅・厚さでは完形または中間部が残存しているものを分析対象としている。

引用文献

青木要祐 2018「細石刃甲板面にみられる擦痕の効果に関する予察」『日本旧石器学会第 16 回研究発表・シンポジウム予稿集 日本列島への人類拡散と後期旧石器時代の成立を考える』日本旧石器学会編 pp.26-29
大沼克彦 1995「湧別技法における石核打面の再生について」『王朝の考古学』大川清博士古希記念会編 pp.3-9 雄山閣
大沼克彦・久保田正寿 1992「石器製作技術の復元的研究：細石刃剥離方法の同定研究」『ラーフィダーン』XⅢ pp.1-26
杉原荘介・戸沢充則 1975『北海道白滝服部台における細石器文化』明治大学文学部研究報告考古学第五冊 明治大学文学部考古学研究室
須藤隆・平口哲夫・千葉英一 1973「C 地点」『タチカルシュナイ遺跡 1972』吉崎昌一編 pp.16-18 北海道遠軽町教育委員会
鶴丸俊明編 2008『北海道東・北部の細石刃文化の研究』札幌学院大学人文学部
長井謙治 2009『石器づくりの考古学―実験考古学と縄文時代の始まり―』ものが語る歴史 18 同成社
名取武光・松下亘 1961『峠下遺跡』倶知安町教育委員会
藤川尚位 1959「置戸遺跡出土の擦痕石器の実例と細石核について」『先史時代』9 pp.14-21
山田晃弘 1986「北海道後期旧石器時代における石器製作技術構造の変遷に関する予察」『考古学雑誌』71-4 pp.1-29
吉崎昌一 1959「北海道白滝村 Loc.30 の石器群」『考古学手帖』6 pp.2-3

Microblade production experiments

Yosuke AOKI and Naoto SESHIMO

Objective

There are striations on platform of several kinds of microblade cores in Japan, especially of the Shirataki type microblade core made using Yubetsu technique. Although Shirataki type microblade cores have been studied by many researchers, the effects of striations on the platform are not understood sufficiently. Therefore, the aim of this experiment is to examine the effects of striations on the platform of the microblade core.

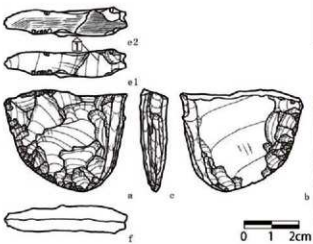
Methods

To consider the effect of striations, this experiment was performed using obsidian with or without striations, and made using Yubetsu and Togeshita techniques. For this experiment, the author obtained obsidian produced at Shirataki source in Hokkaido.

Results show some insufficiencies of experiments conducted only on July 24. Therefore, the author conducted additional experiments in cooperation assisted by Mr. Naoto Seshimo on December 20 and 21.

Results

Experiment results show that sizes of butts of microblades were increased in cases of striations on the microblade core platform. This result closely resembles the result of morphological analysis of artifacts. Experiment results suggest that striations on the platform make microblade cores easier to hold when flaking off microblades by pressure.



1. 白滝型細石刃核
The Shirataki type microblade core.

2. 白滝型細石刃核の甲板面
A platform of the Shirataki type microblade core.

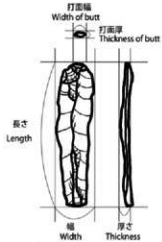
3. 甲板面の擦痕（200 倍）
Striations on platform (x200)

第 4.1 図　タチカルシュナイ第Ⅴ遺跡出土の白滝型細石刃核とその擦痕
Figure 4.1　The Shirataki type microblade core excavated from Tachikarushunai V site and its striasions.

1. 細石刃核甲板面への擦痕付与
Rubbing a platform of the microcore with a flake.

2. 押圧による細石刃剥離
Pressure flaking of microblades.

第 4.2 図　実験の様子 ①
Figure 4.2　Photos of experiments. ①



第 4.3 図　細石刃の計測
Figure 4.3　The measurement methods of micro blades.

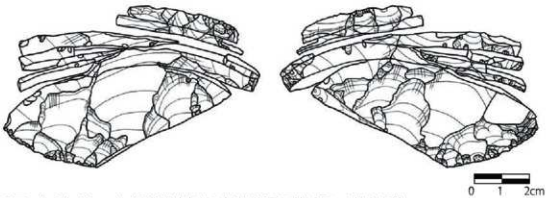
第 4.1 表　細石刃の計測値 ①
Table 4.1　The measurement values of microblades. ①

		Length	Width	Thickness	Tickness of butt	Width of butt
ST-0	Average	18.06mm（n=12）	5.54mm（n=27）	1.32mm（n=27）	0.68mm（n=21）	1.75mm（n=21）
	Median	16.95mm（n=12）	5.45mm（n=27）	1.10mm（n=27）	0.55mm（n=21）	1.80mm（n=21）
NST-0	Average	25.18mm（n=9）	7.00mm（n=13）	2.42mm（n=13）	0.82mm（n=12）	2.07mm（n=12）
	Median	27.00mm（n=9）	6.55mm（n=13）	2.40mm（n=13）	0.78mm（n=12）	1.73mm（n=12）

第 4.2 表　細石刃の特徴 ①
Table 4.2　The characteristics of microblades. ①

	Bend	Curve	Twist	Striations on butt
ST-0	Inward：0% Outward：0% Nonexistence：100% (n=32)	Right：0% Left：0% Nonexistence：100% (n=32)	Right：38% Left：38% Nonexistence：24% (n=32)	Existence：0% Nonexistence：100% (n=12)
NST-0	Inward：13% Outward：0% Nonexistence：87% (n=16)	Right：13% Left：0% Nonexistence：87% (n=16)	Right：25% Left：44% Nonexistence：31% (n=16)	Existence：43% Nonexistence：57% (n=21)

第 4.4 図　実験で製作した細石刃核 ①
Figure 4.4　Experimental microblade cores. ①



第 4.5 図　タチカルシュナイ第Ⅴ遺跡出土の白滝型細石刃核ブランク接合資料
Figure 4. 5　A refitting artifact of the Shirataki type microblade core preform excavated from the TachikarushunaiV site.

1.　細石刃核製作 ①
Making of a microblade core. ①

2.　細石刃核製作 ②
Making of a microblade core. ②

3.　細石刃核甲板面への擦痕付与
Rubbing a platform of the microblade core with the ski spall.

4.　押圧による細石刃剥離
Pressure flaking of microblades.

第 4.6 図　実験の様子 ②
Figure 4.6　Photos of experiments. ②

第 4.3 表　細石刃核の計測値
Table 4.3　The measurement values of microblade cores.

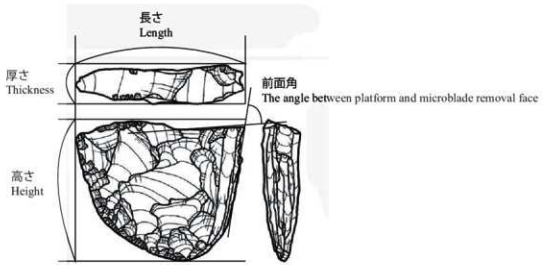
		Length	Thickness	Height	The angle with platform and flaked surface
ST-1	Before experiment	86.60mm	18.90mm	42.50mm	89.0°
	After experiment	52.55mm	18.15mm	33.05mm	60.5°
NST-1	Before experiment	84.75mm	17.30mm	33.90mm	72.5°
	After experiment	48.60mm	12.95mm	27.00mm	59.5°

第 4.4 表　細石刃の計測値 ②
Table 4.4　The measurement values of microblades. ②

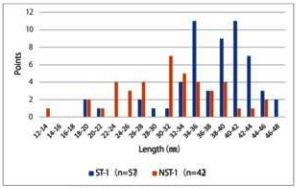
		Length	Width	Thickness	Thickness of butt	Width of butt
ST-1	Average	37.35mm (n=57)	6.59mm (n=73)	1.52mm (n=73)	0.48mm (n=56)	1.39mm (n=56)
	Median	38.70mm (n=57)	6.45mm (n=73)	1.45mm (n=73)	0.45mm (n=56)	1.40mm (n=56)
NST-1	Average	30.63mm (n=42)	6.09mm (n=72)	1.41mm (n=72)	0.31mm (n=59)	0.96mm (n=59)
	Median	31.35mm (n=42)	6.00mm (n=72)	1.35mm (n=72)	0.30mm (n=59)	0.90mm (n=59)

第 4.5 表　細石刃の特徴 ②
Table 4.5　The characteristics of microblades. ②

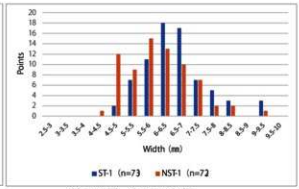
	Bend	Curve	Twist	Striations on butt
ST-1	Inward：46% Outward：0% Nonexistence：54% (n=78)	Right：1% Left：6% Nonexistence：93% (n=78)	Right：22% Left：41% Nonexistence：36% (n=78)	Existence：100% Nonexistence：0% (n=56)
NST-1	Inward：19% Outward：0% Nonexistence：80% (n=79)	Right：0% Left：11% Nonexistence：89% (n=79)	Rigth：67% Left：4% Nonexistence：30% (n=79)	Existence：0% Nonexistence：100% (n=59)



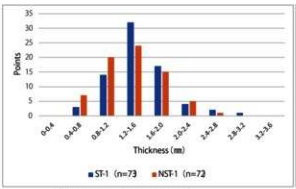
第 4.7 図　細石刃核の計測例
Figure 4.7　The measurement example of microblade cores.



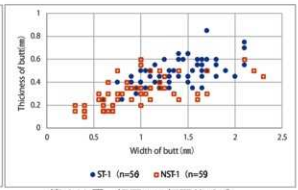
第 4.8 図　細石刃の長さ
Figure 4.8　Length of microblades.



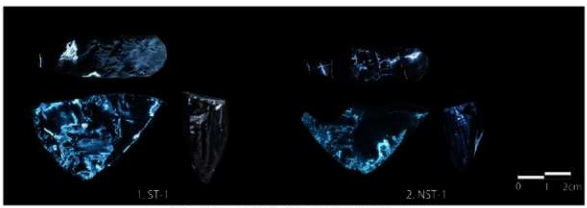
第 4.9 図　細石刃の幅
Figure 4.9　Width of microblades.



第 4.10 図　細石刃の厚さ
Figure 4.10　Thickness of microblades.



第 4.11 図　細石刃の打面サイズ
Figure 4.11　Sizes of butts of microblades.



第 4.12 図　実験で製作した細石刃核 ②
Figure 4.12　Experimental microblade cores. ②

第 4.13 図　瀬下氏による細石刃剥離
Figure 4.13　Pressure flaking of microblades by Mr. Seshimo.

第 4.14 図　大沼氏による細石刃剥離 (大沼・久保田 1992)
Figure 4.14　Pressure flaking of microblades by Prof. Ohnuma.

第５章　石製食物加工具（メタテ・マノ）の使用実験

荒木昂大

第１節　メソアメリカとトウモロコシ食文化

南北アメリカ大陸の中央にあたるメソアメリカ地域はスペイン征服以前に複数の古代文明が隆盛した文化史的領域である（青山・猪俣 1997）。具体的には現在のメキシコ中西部以東、グアテマラおよびベリーズの国土の全て、エルサルバドルとホンジュラスの西部、を含む領域を差し、研究者によってはさらに範囲を広く見積もる者や、これにニカラグアとコスタリカを含んだ領域を考える者もいる（第 5.1 図）。このメソアメリカ地域では、先スペイン期[5.1]において高度に複雑化した社会が成立し、独自の文化文明を発達させた。メソアメリカ文明は、南アメリカのアンデス文明と並び、従来言われていた旧大陸の四大文明とは異なる独自の進路をたどった文明として、世界の研究者から注目されている。

また、トウモロコシは南北アメリカ大陸における最も重要な作物の一つであり、東アジアや東南アジアにおける米や、西アジアやヨーロッパにおける小麦と同じように、現在も同地域にて主食としての地位にある。その歴史は古く紀元前 7000 年ごろからメキシコ中央高原周辺にかけて栽培が始まったといわれている（Tapia y Noguera 1995）。トウモロコシの原産地と栽培化の流れは諸説あり、未だに完全な決着はついていない。現在最有力とされているのは、メキシコ西部の現ミチョアカン州やゲレロ州に野生していたテオシント[5.2]を栽培化したという説である（福永 2009）（第 5.2 図）。トウモロコシが現在見られるような形になるまでは品種改良と長い時間を要したとされている。栽培化した初期の頃は、まだ実は小さく穀物として充分な量を見込めるものではなかった。そのため、初期のトウモロコシ栽培の目的はサトウキビのように糖分を摂取できる作物やアルコール醸造の原材料として利用するためであったとする説がある（ベルウッド 2005）。しかし、栽培化の進んだ紀元前 2000 年ごろまでには、トウモロコシは充分な人口を支えるだけの生産性のある穀物となっていたようである。短い期間で成熟し貯蔵も簡単であるトウモロコシは、結果として南北アメリカ大陸に広く伝播した。特にアメリカ南西部からメキシコ、中央アメリカにかけてはトウモロコシが主食として一般的な食物となった（ベルウッド 2005）。

第２節　磨製石器メタテ・マノと食物加工具としての利用

磨製石器メタテ（metate）とマノ（mano）は、メソアメリカ地域で一般的な石製道具である（第 5.3 図）。これは二つで一対となる道具で、対象物をすり潰す処理のために用いる。メタテは石の皿、マノは石の棒である。メタテは一般的に薄く平らな長方形をしており、脚がついていることもある。脚は 1 本のみである場合や、3 本もしくは 4 本など複数ある場合もある。また、皿部分は完全に平らなものもあれば、傾斜しているものもある（大貫・落合・国本・恒川・松下・福嶋　2013）。マノは細長い形状をしており、太さはまちまちだが人が握れる程度のものが多い。使い方は横に置いたマノをメタテの上で前後に動かして用いる方法が一般的である。足がついている場合はメタテに傾斜が付いていることが多く、その場合はマノをメタテの高い位置から低い方へ摩り下ろすことで使用される。対象物を叩いて潰すのではなく擦ることによって処理するという点で、すり鉢等とは異なる。メタテ・マノはその多くが玄武岩で形成され、安山岩やその他の種類の石で形成されたものも見つかることがある。

メタテ・マノはほぼ近現代にいたるまで日常的に使用され、トウモロコシをすり潰すための道具として幅広く知られていた。実際、メタテ・マノの使用が確認される範囲はトウモロコシ文化圏に合致する。現在でも伝統的な製法で使う場合や、実際に使用する目的のないインテリア、土産物にする場合など、現在も中米では比較的よ

く見かける道具である。

メタテ・マノを使用する対象物は主に農作物であり、具体的にはトウモロコシ、カカオ、トウガラシなどがあった。特にメソアメリカ地域の主食であるトウモロコシに対する利用は最も有名である。トウモロコシは古代メソアメリカにおいて、直接食べるだけでなく様々な形に調理された。中でもトルティージャ（tortilla）への加工は手間やコストがそれほどかからない上に、効率的に栄養分を摂取できる方法であり、最も一般的なトウモロコシの調理法となった（第 5.4 図、第 5.5 図）。現代ではその製法は機械化されているが、メキシコなどでは最も一般的な食べ物の一つである。

トルティージャを作るためにはまず、トウモロコシの穀粒を、石灰を混ぜた水とともに煮立たせて 40 分、さらにそのまま冷まして半日ほど置いておくという工程が必要となる。これはニシュタマリゼーション（Nixtamalization）と呼ばれるアルカリ処理であり、こうすることで穀粒が柔らかくなるだけでなく、リシン・トリプトファンといった必須アミノ酸の吸収効率を高め、そのままでは人体に吸収されないナイアシンを摂取できるようにする。ナイアシンの欠乏は代謝内分泌疾患であるペラグラの罹患を引き起こすため、トウモロコシを主食とするためにはこの工程は必須である。この他に、石灰によるカルシウムの供給があるという側面を持つ（Biskowski 2008）。

アルカリ処理された穀粒は残留した繊維を取り除いたのち、メタテとマノによってマサ（masa）と呼ばれる生地になるまでひかれる。これによりトウモロコシの穀粒はすりつぶされ栄養分がさらに吸収しやすくなる（Biskowski 2008）。メタテ・マノを用いる工程にかかる時間はそのトウモロコシの量に応じて変動するが、人口が増えトウモロコシへの社会的依存度が増えると数時間もかかる重労働となった。この工程は民族事例によると主に女性が担った（Rodríguez-Alegría 2012）。

マサは手で平たい形にされ、コマル（comal）と呼ばれる焼き板の上で 190‐260℃で数分焼かれトルティージャとなる。コマルは現代では鉄製だが古代メソアメリカでは陶器製であった。トルティージャは焼く時間も少なくて済み、他のメソアメリカの料理と比べて燃料コストが少なくて済むという利点がある（Biskowski 2008）。

第 3 節　本実験の目的

本実験は、簡易的に再現したメタテ・マノを用いて、古代から続く食物調理法を体験すること、その方法の妥当性や問題点を観察することを目的としている。また、異なる石材や使用形態を数種類用意し、それらの使用時の違いを検討することで、古代社会におけるメタテ・マノの役割を具体的に考察することも目的とする。

メタテ・マノの使用に関する考察は、実験考古学によるアプローチよりも実際の民族事例の観察に基づく文化人類学的アプローチの方が多い（Rodríguez-Alegría 2012）。というのも、トルティージャ作りなどのメタテ・マノを用いた食物加工の工程が機械化自動化されたのはここ一世紀ほどのことであり、メキシコにおいては 5, 60 年前まではまだ一般家庭にメタテ・マノが存在したため、民族事例の取材が容易だったからである。現在もかなり数は少なくなったが、メタテ・マノは使用されており、文化人類学的アプローチは未だに充分有効である。

一方で、現在メキシコで一般的であるメタテ・マノの形態は 13 世紀から 16 世紀にかけてメキシコ中央高原を中心に広く栄えたアステカ（Azteca）により確立されたもののように思われる。その形態とは比較的長い 3 本の脚部を持ち皿部が傾斜した形のメタテと、一辺 5cm 前後の正方形に近い断面をした細いマノであり、どちらも気泡が少なくきめの細かい表面を持つ玄武岩で形成される（第 5.6 図）。この形式が取られるようになったのは、アステカの時代に専門工人が発達し、同一規格のメタテ・マノが形成されるようになったからだと推察されている（Biskowski 2000）。私が観察した限りでは現在のメキシコで見られるメタテ・マノは実用でないものを含めてこのアステカ期の形態を取っているものが多いように思われる。一方で、アステカ期より前のメタテ・マノは石材・形態ともにまちまちであり、少なくともメキシコ中央高原周辺では、形態の統一化は見られない。

近現代のメキシコで見られるメタテ・マノの使用事例を観察した場合では、アステカ期より前に見られるような石材・形態の変化による機能の多様性に対しての検討が見落とされてしまう可能性が指摘できる。したがって、私は実験考古学のアプローチで補完する必要があると考え、今回の実験に使用石器の石材および形態のバリエーションを盛り込んだ。

第4節　本実験の方法および事前準備

本実験における「石製食物加工具の使用」とはメタテ・マノを用いてトウモロコシをすり潰してトルティージャ[5.3]を作ることとした。トルティージャへの加工は古代メソアメリカで行われていた伝統的な方法に則って行った。実験当日では、メタテ・マノでトウモロコシをすり潰す工程のみを行い、そのための事前準備として、石の加工は実験一週間前より、トウモロコシの下処理は実験前日に行った。また、前もって事前実験を実施し問題なく実験が可能かどうかを確認した。

メタテ・マノは石材店の建築用石材を注文しそれを加工したものを用いた。メタテ・マノとなる石材は、気泡の量が多いもの、気泡の量が中程度のもの、気泡の量が非常に少ないもの、の3種類を用意した。気泡の差はあるがすべて玄武岩である。規格は、メタテが縦約450mm、横300mm、厚さ30mm、マノが縦300mm、横75mm、厚さ30mmである（第5.7図）。この大きさへの加工は『神永石材』にお願いしたため、ダイヤモンド刃による機械加工である。建築用石材のため、すべての面が機械加工により切り出された直方体である。メタテは気泡別に一枚ずつの計3枚、マノは気泡別に2本ずつの計6本を用意した。

気泡別3種のメタテを同一条件下で同時に試行するのを一回の実験とし、条件を変えながら計4回行った。条件は、扱うトウモロコシの種類の違い、マノの使用面の違い、メタテの傾斜の有無の3条件を試した。扱うトウモロコシの種類は、フリントコーンとスイートコーンの二種を用意した。フリントコーンはメキシコやその周辺国でトルティージャに加工するのに使われているトウモロコシ種である（第5.8図）。スイートコーンはその名の通りフリントコーンに比べると甘味のあるトウモロコシで、日本で食べられているトウモロコシとはこの種を指す。

マノの使用面の違いとは、マノが使用時にメタテと接する面が凸面状であるか平面状であるかの違いである。雑多な形状をしていたアステカ期より前のマノは使用面の形状も個々で異なっており、非常に強く湾曲した凸面状のものから、ほぼ平面のものまである。今回の実験で用いるマノは石材店で加工された直方体の石が元となっているため、ほぼ未加工のままつかう方を平面のマノ、加工して凸面状にしたものを凸面のマノとした。使用面は300mm × 75mmの最も広い面を用いる。実験用マノは各種2本用意したため、それぞれ1本を凸面用、もう片方を平面用としたが、気泡中程度のマノは加工途中に1本破損してしまったため、残った1本の両面をそれぞれ凸面用と平面用として使用した。凸面への加工は当初、石のハンマーを用いた敲打や研磨で試みていたが（第5.9図）、玄武岩の加工は非常に時間と体力のいる作業であり、また敲打の加減を誤りマノを破損させたため、破損の可能性が低く、短時間で完了できる電動ディスクグラインダーを用いた加工に変更した。それでも加工には時間を要し、さらにグラインダーの刃が摩耗し使えなくなったため、十分な加工は施せなかった。そのため凸面はやや湾曲する程度にとどまっている（第5.10図）。一方で平面用のマノにおいても直方体の角を取るなどの若干の加工を加えた。

メタテの傾斜の有無とは、メタテとして用いる板石の下、使用者から見て手前側に角材を置き手前から奥にかけて下がる傾斜をつけるか、角材を用いず平らなままメタテを用いるかの違いである。アステカ期以降のメタテは三脚であり、1本が片辺中央、2本がもう片方の辺の両端についており、片辺中央の1本がほかの2本より長く、平らな面にメタテを置いてもなだらかに傾斜が付けられるようになっている（第5.6図）。アステカより前のメタテは形状がまちまちではあるが、やはり脚がついて傾斜の見られるものも多い。一方で、足がなく傾斜のついていないもの、脚はないがメタテ自体が湾曲し傾斜のついているもの、脚はついているものの全て短く長さの差がないため傾斜がついていないもの等の様々な種類がある。そこで、傾斜の有無が作業にどのように関わってくるのかを確かめるべく実験に取り入れた。一方で、実際のメタテの多くには傾斜だけでなく凹面状の湾曲がみられるが、今回用意できた板石に湾曲をつけるのは困難だったため湾曲は付けないまま用いた。

1回の施行は約30分＋休憩時間とする。一種類のメタテ・マノにつき一人の実験参加者が付き、それぞれ3人の参加者は10分ごとに道具を交代し、全員が同一条件下の全3種類のメタテ・マノを扱うことで主観的に比較できるようにした。1回の施行中に使用するトウモロコシの量は電子秤でグラム単位で計測し、小数点以下切り捨ての値で統一した。作業中にトウモロコシに加える水は、作業開始時、10分後、20分後の3回に分け、10mlずつ合計30mlを加えることとした。ただ、1回目の施行だけ作業開始時の10mlを加えられていない。

事前準備としては、前述したマノの凸面加工のほか、実験前日にトウモロコシの下処理を行った。具体的に下処理とは、前述したニシュタマリゼーションと言われる石灰水によって茹でるアルカリ処理のことである。このアルカリ処理はトウモロコシ：水：石灰を 1:3:0.02 の比率で 40 分程度煮込む方法で行われる（Biskowski 2008）。具体的な数字を示すと、フリントコーンではトウモロコシ 262g に水 787ml と石灰 5.2g、スイートコーンではトウモロコシ 357g に水 1071ml と石灰 7.1g を用いて煮込んだ（第 5.11 図）。石灰は園芸用の消石灰を購入しそれを用いた。煮込んだ後は石灰水にトウモロコシをつけたまま、翌日の実験日の朝まで寝かせた。

実験日の数日前に行った事前実験では、アルカリ処理からメタテ・マノの使用まで通して行い、問題なく実験が可能かどうかの確認をした。フリントコーン 79g とスイートコーン 128g を事前実験用に使用し、フリントコーンには気泡多のメタテ・マノ、スイートコーンには気泡少のメタテ・マノを用いた。

第 5 節　実験の結果

実験は 7 月 26 日、東北大学文科系合同研究棟 4 階 406 号室で行われた（第 5.12 図）。実験参加者には記録用紙（第 5.13 図）に各試行の条件やトウモロコシの重量、実験を通しての所感を記入してもらった。トウモロコシの重量は実験前と実験後で計測し、実験後の計測量は生地として集められるもののみを計測し、石の気泡内に入り込み取り出しにくくなったものは無視した。

1 回目の試行の条件はフリントコーン、マノの使用面を凸面、メタテの傾斜無しで行った。トウモロコシは下処理したものを 1 組のメタテ・マノにつき 70g 使用した。この試行のみ最初に水 10ml を加えておらず、2 回目以降から最初に 10ml 加えることとした（第 5.14 図）。

この試行では、最初ということもあり気泡内に多くのトウモロコシが入り込んでしまった。そのため、実験前と実験後でのトウモロコシの量に変動がもっとも大きい試行となっている（第 5.1 表）。また水を 20ml しか加えていないため、生地がほかの試行の時よりもパサパサとしてまとまりにくかった。

2 回目の施行の条件は、スイートコーン、マノの使用面を凸面、メタテの傾斜無しで行った。トウモロコシは下処理したものを 1 組のメタテ・マノにつき 100g 使用した。（第 5.15 図）。

この試行では、1 回目よりも水を多く加えたため生地がまとまりやすかった。フリントコーンとスイートコーンの差はあまり感じられなかったが、フリントコーンに比べてマノにトウモロコシがくっつきにくいという感想を述べる者もいた。

3 回目の試行の条件は、スイートコーン、マノの使用面を平面、メタテの傾斜無しで行った。トウモロコシは 2 回目と同様に下処理したものを 1 組のメタテ・マノにつき 100g 使用した。（第 5.16 図）。

この試行では、どの生地にも 5mm 程度の粒が残っており、他の試行よりも充分にトウモロコシをすり潰せていないという印象を受けた。使用者の感想では、平面のマノの方が力が分散しやすいこと、道具にトウモロコシが付着しやすいことの二点で、凸面よりも使いにくいという指摘があった。

4 回目の試行の条件はフリントコーン、マノの使用面を凸面、メタテの傾斜有りで行った。メタテの傾斜の角度は約 6°で手前から奥に向かって下りに傾斜している（第 5.12 図）。傾斜の方向と角度は全て統一している。トウモロコシは下処理したものを 1 組のメタテ・マノにつき 80g 使用した。（第 5.17 図）。

この試行では 4 回の試行中最も早い段階でトウモロコシがペースト状になった。最終的には生地に粒が残存することもなく、生地の完成度は最も高かった。参加者全員が、傾斜がある方が無い時と比較して力をかけやすくすり潰すのが平易だったという感想を抱いている。具体的には、マノを押し付けやすい、下向きの力をかけやすい、押すのも引くのも簡単といった指摘である。なお、参加者全員が 1 回目から 3 回目の試行のうち最低 1 回に参加しているため、手馴れてきたために生地にするのが早かったという可能性もある。

石材に含まれる気泡の量による差は全 4 回の試行全てにおいて参加者の意見がほぼ共通しており、気泡の量が多いメタテ・マノは使いやすいと判断され、気泡量少のものは使いにくいと不評であった。気泡量多と気泡量中のメタテ・マノの使用感にはそれほど差が見られず、気泡量中も使いやすいが気泡量多の方がさらに使いやすいという意見がほとんどだった。使いやすいという感想を具体的にみると、力をかけずに簡単にすり潰せる、摩擦抵抗が少なく力がかからない、トウモロコシをすり潰すのが早いといったものが大半を占めた。一方で、気泡量

少の使いにくさの理由を具体的にみると、気泡量少で作った生地は粘性が高く、それにより多くの力を有したという意見が多く見られた。また、2回目の試行時のみ気泡量少でやった時もトウモロコシがつぶれるのが早いという意見もあった。一方で、気泡が多い方がその気泡内に入り込むトウモロコシが多くなるため、実験前と実験後でのトウモロコシ量の変化の差が大きかった（第5.1表）。

実験後に生地を薄く広げてフライパンで焼き、実際にトルティージャにした（第5.12図）。1回目の試行の気泡量多のメタテ・マノによる生地は特に水分が少なくパサパサしていた上に生地も十分な量ではなかった。1回目の試行で作られた他二つの生地も同様の傾向があった。これは、最初の実験は加える水の量が少なかったことと、最初の実験は特に気泡内に生地が混入しやすかったことの二点が理由として考えられる。反対に、2回目の試行の気泡量中による生地と3回目の試行の気泡量中の生地は水分が多めで生地が崩れやすかった。

トルティーヤは摂食まで行った。フリントコーンは、味は単調だがトルティージャの弾力は強く、私がメキシコで食べたような本場のトルティージャに食感は近かったと感じた。一方で味はスイートコーンの方が概ね好評であった。この味の違いに関しては、スイートコーンの方が日本人が食べ慣れているからか、もしくは今回の実験で入手したフリントコーンが食用に特化したものではなかったためではないかと推察する。トルティージャに調理して摂食するところまで再現できたため、簡易的とはいえこの実験で取った方法は実際のトルティージャ作りと大きく変わったものではないことが確認できたと言える。

第6節　分析

実験で得られたデータを踏まえ総括するとともに、実験結果の傾向や考古遺物との比較を通じて分析を行いたい。

トウモロコシの種類による相違点は、1回目と4回目でフリントコーンを2回目と3回目でスイートコーンを用いて観察した。結論から言うと二種の間に大きく目立った違いは見られなかった。若干の傾向として、フリントコーンの方がベタベタしていて何かに付着しやすく、作業中のマノに付着しやすかった。一方でスイートコーンの方が生地としてまとまりにくく感じた。中南米でトルティージャ等の主食として使われているトウモロコシはフリントコーンであり、こちらの方がトルティージャ加工への適正は高いものと思われる。

メタテの使用面による相違点は三回目とその他の試行とで比較できた。凸面の方が力を集中させやすい、平面は生地がマノに付着しやすいという実験参加者らの指摘や、平面を使用した時の生地に潰し切れていない粒が多かったという観察の結果から、凸面の方がトウモロコシをすり潰す作業に有利だと指摘できる。平面の使用面ではトウモロコシを擦り潰そうとするのにマノを横方向に動かす力と垂直方向に押しつぶす力の二種類の異なる方向への力をかけなくてはならない。一方で凸面だと、マノの手前側と奥側のどちらか片方に力を集中させるだけで押しつぶす力と横に動かす力を同時にかけることができる。力を効率的に運用できる分、短期間でトウモロコシがすり潰されやすく、上記にあるような生地の出来に違いが生じたものと思われる。今回の実験で使用したマノの凸面は過度な湾曲を作らずに用いたにも関わらず、明確な傾向が出たため、少なくともトウモロコシを処理する作業には、マノの凸面状の平面は必要不可欠なものであると推定できるだろう。

一方で、今回の実験で平面として運用した面は機械によって形成された不自然なものであり、古代のマノの使用面は使用前から多少なりとも傾斜や湾曲が形成されているはずである。そして、マノの使用面の凸面状の湾曲は使用されて摩耗する中で形成されていく可能性が高い（Adams 1993）。そのため、微小な湾曲度合いのマノが見られたからといってトウモロコシ以外に対しての使用と断定するのは早計であろう。

傾斜の有無に関する相違点は4回目とその他の試行で区別した。傾斜のある方がやりやすいという意見が多く、また、4回目は全ての試行の中で最も生地の完成度が高かった。この結果は、メタテの手前から奥へ動かす動作が、傾斜がついたことで上から下へすり下ろす動作へと変わり、マノの凸面の優位性と同様に、横向きの力と下向きの力の両方を効率よくかけられるようになったため生じたものと思われる。

マノの凸状使用面とメタテの傾斜はどちらも、効率よく力を運用し短期間で生地にできる点と、使用者の労力を軽減し長時間の利用を可能にする点の二点で有利な形状的特徴といえる。古代メソアメリカ社会が人口を増加させトウモロコシ食への依存を強める中で、この二種の特徴がメタテとマノに選択的に付与された可能性は高い

だろう。実際に、私がこれまで遺物を観察してきた中では、古代メソアメリカの全ての時期を通してこれらの特徴を持つメタテ・マノの方がそうでないものに比べると多数を占める。一方で、凸面の湾曲度合いやメタテの傾斜角は、それぞれ道具によって異なり、この差が何を示すのかについては今後の課題としたい。

石材に含まれる気泡の量の差に対する実験参加者の感想は、気泡があるほど使いやすく少ないと使いにくいというものだった。気泡量多、気泡量中のメタテ・マノが使いやすい理由としては、気泡によって生じた表面上のメリハリがトウモロコシ粒を粉砕するのに役立つこと、気泡があることでメタテおよびマノの使用面の表面積が小さくなり摩擦抵抗が少なくなることの二点が考えらえる。また、気泡のある分マノが軽くなり、動かしやすいという点も使いやすさに繋がると考えられる。反対に、気泡量少のメタテ・マノは表面積が大きく摩擦抵抗が大きいことと、気泡のない分マノが重く動かしにくいことが扱いにくさの理由であろう。なお、気泡量少で作られた生地は粘性が高いという指摘があったが、当初は気泡が少ないため多くの水が生地に吸収されたことで粘性が上がったのではないかと考えていたが、実験後の生地を比較したところ気泡量少の生地が格段に水分を含んでいるという様子は見受けられなかった。具体的な理由は定かではないが、作業時の摩擦抵抗が大きく力を要することや、表面積の大きさから生地が道具に付着しやすいという傾向が、粘性が高いという主観に結び付いた可能性が高いのではないかと予測している。生地中の水分に関してはむしろ、気泡量中のメタテ・マノで生成された生地の方が多い傾向にあった。2回目と3回目のものは実験後の観察で、4回目は実験参加者の感想で、それぞれ生地に含まれる水分が多いという結果を得ている。この具体的な理由は不明である。

気泡量の差による相違点として、他に二点を指摘したい。一点は気泡に入り込むトウモロコシ量の差だ。気泡量が多いほど、トウモロコシが気泡に入り込み、その分生地にできる量が減ってしまう。気泡量多と気泡量少のトウモロコシの減少率は10-20%ほどの違いが生じた（第5.1表）。気泡量の少なさに比例してトウモロコシの無駄が少なくなるため、古代の人々が効率よく農作物を利用するために気泡の少ない石材を選択していた可能性はある。しかし、気泡内に入り込むトウモロコシにも限度があるので、大量のトウモロコシを一つのメタテ・マノで加工した場合、あまり減少率は高くならず、大きな問題となりえない可能性もある。

もう一点は石材の耐久度の違いである。事前準備時、気泡量中のマノとして扱う予定だった直方体2本のうち1本をハンマーストーンによる敲打で破損させてしまった（第5.18図）。気泡量多の石はその時点では未加工だったが、第3節で述べたように、敲打による加工に危うさを感じたため機械による加工に変更した。石内部に形成された気泡によって外からでは観察できない衝撃に脆弱な部分が形成される。したがって気泡の量が多い素材ほど脆い石材だと言える。この問題点は加工時だけでなく加工後の道具の耐用期間にも関わってくると推測できる。

ここまでで述べた気泡の違いによるメリットとデメリットを整理したい。気泡多の石材のメリットは、道具として用いた時にすり潰しやすいこと、軽くて運用しやすいことが挙げられる。デメリットは、壊れやすいこと、トウモロコシが気泡中に入り込むことの二点となる。気泡量少はこれとは正反対で、メリットは丈夫なことと、トウモロコシが気泡中に入り込まずより多くのトウモロコシを生地にできること、デメリットは摩擦抵抗が大きくすり潰しにくいことと、重くて運用が難しいことがそれぞれ挙げられる。

以上の傾向を踏まえ、古代メソアメリカ社会におけるメタテ・マノの形状を考察する。アステカ時代のメタテ・マノは前述したように気泡が目立たない玄武岩で同一規格的に生産されている。メタテは脚が長く使用面が傾斜しつつなだらかに湾曲している。マノは四辺が若干歪曲した正方形に近い形状の断面を持ち、その一辺は5cm前後とマノとして非常に細い[5.4]。これらアステカのメタテ・マノに本実験の着眼点を当てはめると、気泡量少の素材で、メタテは傾斜を有しており、マノは若干の凸面を有している。傾斜と凸面は先ほどから確認しているように作業効率を上げるために重要な条件である。凸面が若干程度なのは、発達した凸面を形成するに足る幅がなかったこと、なだらかな傾斜のメタテに対してこの程度の凸面で十分効率的だったことが可能性として挙げられるだろう[5.5]。そして、気泡量少の石材を使用している理由を推察すると、まずマノはその細さで気泡量少のデメリットである重さの問題を解消していると言える。気泡量少の細いマノは軽い上に丈夫という特徴を兼ね備えている。また、メタテは丈夫で加工しても壊れにくいというメリットを利用し、長くて細い脚部を獲得した。一般的にメタテ・マノは座って使用したと考えられているが、脚部を長くしメタテを高くに据えることで、座りながらでも比較的楽な姿勢で作業ができる。アステカ時代は人口が増加し社会構造が複雑した社会であった（Biskowski 2000）。増えた人口を賄うためにメタテ・マノを長時間使用する必要が生まれた社会にとって、丈夫で耐用期間

が長い上に作業者を疲れさせない気泡量少のメタテ・マノは需要の高い道具だったのではないかと推測する。

また、それ以前の古代メソアメリカ社会では、専門工人も発達しておらずメタテ・マノの形態を需要に応じて発展させることも加工に高い技術を用いることも難しかったのではないかと考えられる。よって道具の形状に緻密な加工を施さない場合なら、より作業効率の高い気泡量多の石材を使ったメタテ・マノを選択したのだろうと思われる。だが同時に、この時代においてもマノの凸状使用面とメタテの傾斜は普遍的にみられる特徴である。

第7節　今後の実験のための課題

前節では実験結果で得られた知見を基に、古代メソアメリカのメタテ・マノの形状および機能の解釈を試みた。しかし、これはまだ推察の域を出ない。古代社会でのこれら道具の運用をより確かに復元するためには、さらに多くの考古遺物を観察するだけでなく、今回の成果を踏まえてさらなる次の実験をする必要がある。そのために、本章の最後で本実験の問題点と今後は具体的にどのような実験を行う必要があるのかを提示したい。

まず一つ目に、石の入手や加工をもっと古代の条件に合わせる必要があるだろう。今回は石材店に注文するという形を取ったが、機械による直方体のカットでは古代社会の実像と異なるところが大きすぎる。また、こちらで行った凸面への加工も時間の問題からディスクグラインダーを使用したが、成形をもっと実際の条件に基づいて行う必要がある。

メタテ・マノの形状をさらに数パターン用意したい。メタテでは凹面の形成、角度のパターン、有脚か否か、などの比較を、マノでは今回の長方形の断面だけでなく楕円形や半円形、三角形など複数の断面、凸面の湾曲度のパターン、太さの違いといった比較を試してみたい。

またメタテ・マノは長期間反復使用される道具である。労力のかかる実験にはなるが、同じ道具を数か月単位で使う経過観察も新たな知見が得られるだろう。使用面の凹凸の湾曲等、道具の形状は長期的使用によって摩耗するうちに少しずつ形成されていくのだとしたら、どのような形状になり、そして最終的にどのような形で破損し使用不可になるのか非常に興味がある。また、メキシコおよび周辺国の伝統的生活の中では、メタテ・マノの使用は一日の大半を占める重労働だったとされている (Rodríguez-Alegría 2012)。今回は 30 分の試行時間だったが、試行時間をさらに増やす実験も重要だろう。立って行うのではなく座って行うなどの体勢の違いも長期的使用実験を行う上で念頭置いておきたい。

トウモロコシだけでなくその他の食材や顔料を使った使用実験も必要だ。メタテ・マノはトウガラシやカカオなどの食材を加工するのにも用いられていた[5,6]。顔料もメタテ・マノで砕かれていたことが知られている。

今回の実験では玄武岩のみを用いたが、ほかの石材でメタテ・マノを作成し使用する実験も行いたい。メタテ・マノに使われる石材で最も一般的なのは玄武岩だが、安山岩なども一部で見られる。安山岩は玄武岩の代用品なのか、それとも安山岩である必要性があって採用されていたものなのか、実験を通して分かれば大きな成果になろう。

今回は私にとって初めての試みだったため、現状何ができて何ができないのか模索しながらの実験となった。興味深い経験となったが、同時により具体的な争点を設定できればさらに効果的な結果が得られたのではないかと感じた。そのため、次に実験をする機会があった場合は、その中で得たい結果および知見について仮定しておく必要があるだろう。メタテ・マノは民族事例が充分に存在する道具である。したがって、実験考古学という手法を採択する確固たる理由が重要となるだろう。今後は研究に多角的視野を入れるためにも民族事例研究も大いに参考にして、足りない部分も実験考古学で補えるよう柔軟に研究を進めていきたい。

謝辞

本実験は、東北知のフォーラムによって企画された『若手考古学者のための実験考古学ワークショップ』の枠組みの中で実践できた試みである。貴重な機会をくださった知の創出センターの Juthatip Wiwattanapantuwong 先生、東北大学大学院考古学研究室の阿子島香先生、鹿又喜隆先生には深く感謝の意を申し上げる。Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nuremberg の Christina Wiesner 氏、東北大学文学部の須賀永帆氏、渡邉彩佳氏、同大学大学院文学研究科の舘内魁生氏、花田杜綺氏、早川文弥氏には実験参加者として惜しみない協力をいただ

いた。努めて感謝の意を申し上げる。東北大学大学院考古学研究室の各位には企画の相談から実験の事前準備まで数多のご助力を賜った。深く感謝申し上げる。『有限会社神永石材』は実験に使用した石材を受け付けてくださった。ここに厚く御礼申し上げる。

第 5 章註

5.1) 16 世紀のスペイン人による中南米の植民地支配以前の時代を指す。

5.2) トウモロコシの原種とされるイネ科食物。

5.3) 正しくはマサと呼ばれるトウモロコシ生地。

5.4) このマノの全長はメタテの幅よりも長く、超過した両端を握って扱うため、細くても持つのに困らない。

5.5) 断面が正方形であり円形でない理由は未検証ではあるが、円形ではメタテの上で横に動かす力と押しつぶす力を同時にかけても、メタテに接するマノの表面積が少なく作業の効率が悪いからではないかと推察する。ただし断面が円形のマノも見つかっており、この形状に関しては今後検証が必要である。

5.6) 私のメキシコ人の知人の一人は自分の祖母がモレというトウガラシやカカオを使ったソースを作る伝統料理の準備にメタテ・マノを使用していたと述懐している。

引用文献

Adams, J. L., 1993. Toward Understanding the Technological Develop of Manos and Metates. *Kiva*. 58-3, 331-344.

Biskowski, M., 2000. Maize Preparation and the Aztec Subsistence Economy. *Ancient Mesoamerica*. 11, 293-306.

Biskowski, M., 2008. Maize-Grinding Tools in prehispanic Central Mexico. In: Yorke M. Rowan and Jennie R. Ebeling (eds.) , *New Approaches to Old Stones: Recent Studies of Ground Stone Artifacts*, pp.144-155. Equinox Publishing Ltd.

Tapia, E. M., Noguera, J. Z., 1995. Las Primeras Sociedades Sedentarias. In: Linda M., Leonardo, L. L., (eds.), *En Historia Antigua de México I: El México Antiguo, Sus Áreas Culturales, los Orígenes y el horizonte Preclásico*. pp.255-295. Maporrúa. (Tercera Edición, 2014).

Mauldin, R., 1993. The Relationship between Ground Stone and Agricultural Intensification in Western New Mexico. *Kiva*. 58-3, 317-330.

Rodriguez-Alegría, E., 2012. From Grinding Corn to Dishing Out Money. In: Sarah R. G., E., Rodriguez-Alegría, (eds.), *The Menial Art of Cooking: Archaeological Studies of Cooking and Food Preparation*. pp.99-117. University Press of Colorado.

青山和夫・猪俣 健 1997『世界の考古学② メソアメリカの考古学』同成社

大貫良夫・落合一泰・国本伊代・恒川恵市・松下洋・福嶋正徳 2013『ラテンアメリカを知る事典』平凡社

杉山三郎・嘉幡茂・渡部森哉 2011『古代メソアメリカ・アンデス文明への誘い』風媒社

福永健二 2009「トウモロコシの起源―テオシント説と栽培化に関わる遺伝子―」『国立民族学博物館調査報告』84 pp.137-151

ベルウッド ピーター (長田俊樹・佐藤洋一郎　監訳) 2005(日本語訳は 2008)『農耕起源の人類史』京都大学学術出版会

Experimentation of prehispanic stone food-processing tools: 'metates' and 'manos'

Kodai ARAKI

Objective

In prehispanic Mesoamerica, stone plate 'metates' and stone rod 'manos' were the tools used to grind and cook food. This experiment using replicas was aimed at concrete examination of metate and mano functions with raw materials, forms, and ground objects.

Methods

The author prepared three metates (450 mm × 300 mm) and six manos (300 mm × 75 mm) from basalt of three types with different bubble contents. Moreover, the manos had a surface that was either convex or flat. The stone plates were processed roughly by a dealer, with fine adjustments added later.

Grinding operations took 1–2 hours for each experiment. Ground materials were maize dipped in water, dried maize, chilis, and pigment.

Preparation

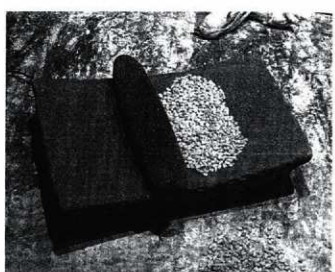
The author processed metates and manos into suitable forms for experimentation, and recorded those states using photography. The author also prepared food for experiments on the day before the experiments.

Results

In addition to photographs, the states of metates, manos, and ground goods were observed during and after the experiment. Operators commonly felt that the metates with convex contact surfaces were easier to use than those with a flat contact surface. In addition, flat manos were ineffective for grinding maize for several reasons. Metates and manos with larger bubbles were more comfortable when used than those with smaller bubbles because of their smaller abrasive resistance and more varied topographic surfaces.

第 5.1 図　メソアメリカ文明の範囲と地域区分（杉山・嘉幡・渡部 2011）
Figure 5.1　Regional classification of Mesoamerican civilization.

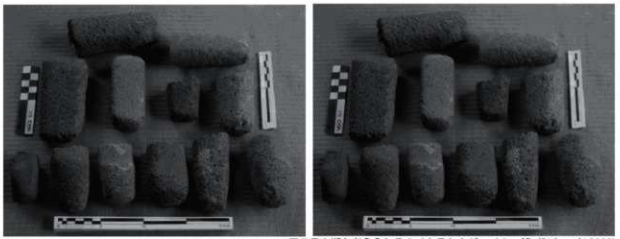
第 5.2 図　テオシントとトウモロコシの比較図（青山・猪俣 1977）
Figure 5.2　Comparison of teosinte and corn.



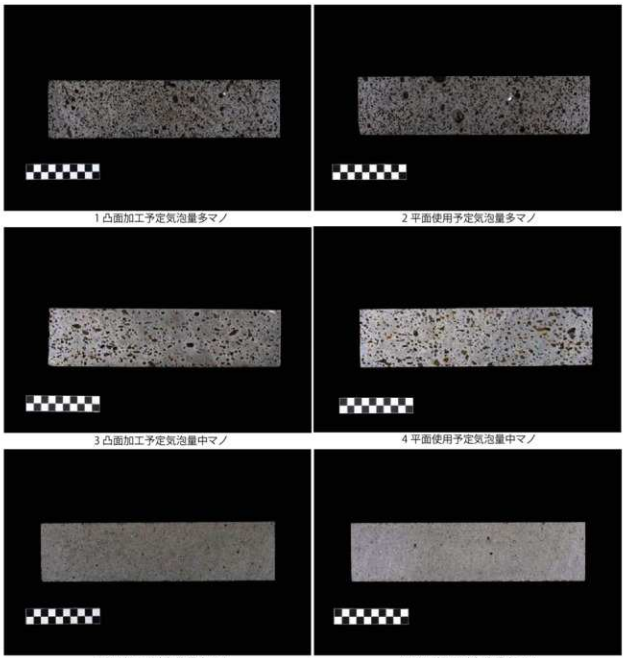
第 5.3 図　メタテ・マノの例 (Rodríguez-Alegría 2012)
Figure 5.3　Example of the metate and mano

第 5.4 図　トルティージャの調理法 (Biskiwski 2008)
Figure 5.4　Recipe of Tortilla.

第 5.5 図　トルティージャ（筆者撮影）
Figure 5.5　Tortilla.



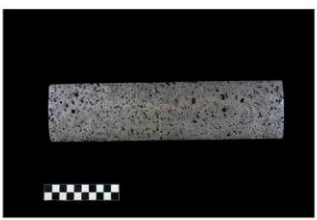
第 5.6 図　様々なメタテ・マノの例　　アステカ期と考えられるのメタテおよびマノの一部（Biskowski 2000）
Figure 5.6　Examples of the various metates and manos.



第 5.7 図　各種マノ実験前写真
Figure 5.7　Pictures of all types of Manos before the experiments

第 5.8 図　使用したフリントコーンのうちの一つ
Figure 5.8　One of the flint cones used

第 5.9 図　石のハンマーによる敲打
Figure 5.9　Knapping by stone hammer



1 気泡量大のマノの平面写真

2 気泡量大のマノの断面写真

3 気泡量中のマノの平面写真 ※事前実験の後の写真となる

4 気泡量中のマノの断面写真 ※事前実験の後の写真となる

5 気泡量少のマノの平面写真 ※事前実験の後の写真となる

6 気泡量少のマノの断面写真 ※事前実験の後の写真となる

第 5.10 図　凸面加工したマノの平面および断面写真
Figure 5.10　Plane and cross section pictures of the convex processed manos

左：煮炊き始め
右：煮炊き終わり
この処理を行うとトウモロコシは黄色く変色する

第 5.11 図　トウモロコシのアルカリ処理（ニシュタマリゼーション）の様子
Figure 5.11　Alkaline treatment of corn

1 実験の説明

2 一回目の試行時の様子

3 三回目の試行時の様子

4 四回目の試行時の様子

5 生地をトルティージャに焼いているところ

第 5.12 図　実験日当日の様子
Figure 5.12　Snapshots of the experiment

Your name:

The bubble of metate: a little / middle / much

The bubble of mano: a little / middle / much

The number of this trial:

Conditions
1. The species of maize: Flint corn / Sweet corn

2. The condition of maize: dry / boiled(wet)

3. The type of a mano's surface: flat / convex

4. The slant of metate: flat / slanted

Weight of maize (before a trial): g

Weight of maize (after a trial): g

Trial time: ~

Your comment:

第 5.13 図　実験で用いた記録用紙
Figure 5.13　Recording paper used in the experiment.

第 5.1 表　試行前後それぞれのトウモロコシ量と実験後の減少率
Table 5.1　Corn amount before and after trial, and reduction rate after the experiment.

試行	気泡量	試行前トウモロコシ量(g)	試行後トウモロコシ量(g)	減少率(%)
1	多	70.2	30.51	43
1	中	70.15	23.6	34
1	少	70.23	41.9	60
2	多	100.1	75.76	76
2	中	100.15	76.83	77
2	少	100.2	87.8	88
3	多	100.7	76.31	76
3	中	100.57	72.64	72
3	少	100.21	85.25	85
4	多	80.16	52.9	66
4	中	80.06	58.4	73
4	少	80.08	68.66	86

施行後のトウモロコシ量は生地として回収できた分のみを計測した。

1

2

3

1: 10 分経過後
2: 20 分経過後
3: 30 分（作業終了）後
全て左から気泡量多、中、少の順

第 5.14 図　生地の経過写真（1 回目試行時）
Figure 5.14　Pictures of mesas at the trial 1

1

2

3

1: 10 分経過後
2: 20 分経過後
3: 30 分（作業終了）後
全て左から気泡量多、中、少の順

第 5.15 図　生地の経過写真（2 回目試行時）
Figure 5.15　Pictures of mesas at the trial 2

1

2

3

1: 10 分経過後
2: 20 分経過後
3: 30 分（作業終了）後
全て左から気泡量多、中、少の順

第 5.16 図　生地の経過写真（三回目試行時）
Figure 5.16　Pictures of Mesas at the Trial 3

1. 10 分経過後 (左から気泡量多、中、少の順)

2. 20 分経過後 (左から気泡量多、中、少の順)

3. 30 分 (作業終了) 後 (左から気泡量多、中、少の順)

第 5.17 図　生地の経過写真（4 回目試行時）
Figure 5.17　Pictures of mesas at the trial 4

第 5.18 図　加工途中に破損したマノ
Figure 5.18　Mano damaged during processing

第６章　使用痕形成に対して被加工物としての木の材質や状態が及ぼす影響の実験研究

沢田　敦

第１節　はじめに

実験使用痕研究とは、石器に残された使用痕からその機能を推定する研究で、使用痕に基づく機能推定の基準を使用実験に求めるものである。使用実験は使用痕と機能との相関関係の把握を目的とし、想定される石器の使用法を一定程度網羅するが、石器の運動方向や被加工物は単純化して条件設定されたものである。一方、皮や木などの被加工物の推定においては、生や乾燥、あるいは水漬などの状態が重要な意味を持つことがある。たとえば、皮の場合、生か乾燥かは、対象となる石器の作業を皮の処理工程に位置づけるための重要な情報となる。

本実験の目的は、使用痕分析で推定する被加工物としての木の種類・材質や状態と、使用痕とりわけ微小光沢面との関係をあきらかにすることである。石器使用痕分析において木の状態を推定することは、当該期の木材利用やその意味を考えるうえで重要である。たとえば、乾燥木なら道具の柄などが加工された可能性、水漬の場合は貯木行為や加工を容易にするための前処理の存在が想定されるからである。木の状態と微小光沢面との関係について、Keeley（1980）は、緻密な材質の木や乾燥した木では光沢面があまり形成されないことを指摘し、Vaughan（1985）も、室内で８か月乾燥したイトスギとアーモンドの枝は、その硬さから、生木よりも光沢面の形成が遅いことを指摘している。さらに、Vaughan は、乾燥木の削りで生じる光沢面は生木の場合と基本的に同じであるが、直交方向で使用された刃部に沿った光沢面の帯に明瞭な間隙が生じることを指摘している。一方、日本における先行研究では、木の状態と微小光沢面との関係はほとんど言及されていない。そこで、木の硬さと状態を条件設定した実験をおこない、それらと使用痕との関係を検討するため、本実験を計画した。

第２節　実験プログラム

１．条件管理

珪質頁岩 16 点、黒曜石 16 点の計 32 点の使用実験をおこなった。木の種類・材質は、軟質木としてスギ、ホオノキ、硬質木としてシラカシ、コナラを選び、それぞれ伐採から実験まで乾燥、水漬した。乾燥は自然乾燥で少なくとも伐採後１か月以上乾燥し、水漬は実験前の約１カ月間水槽に沈めて水漬したものを用意した。そして、これらを組み合わせた、乾燥軟木、水漬軟木、乾燥硬木、水漬硬木の四条件の木材に対して、珪質頁岩と黒曜石の使用実験をおこなった。

一方、これまでの使用痕実験の成果は、微小光沢面の形成に被加工物の硬さや水の存在が深くかかわることを示唆しており、乾燥か水漬か、軟木か硬木かのちがいによって光沢面形成速度がことなると予測されることから、作業量に応じた光沢面の発達度や特徴の変化などを確認する必要性があると考えた。また、刃縁と平行か直交するかなど、石器の運動方向も形成される光沢面の特徴に影響をおよぼすことも想定された。そこで、上記の四条件それぞれで、sawing を 1000 ストローク（以下、st）、3000st、8000st、scraping を 3000st の４点の実験をおこなうこととした。sawing は、刃縁と平行に石器を往復運動する操作法のため、1 往復で 1st である。scraping は、被加工物に対しほぼ垂直となるよう石器を立てて引くことで対象物表面を掻き取る動作であることから、１st は片道１回分である。

２．実施と記録

実験は、2018 年７月 23 日に東北大学文学部合同棟 406 号室で実施した。参加者８名がそれぞれ被加工物一

条件の珪質頁岩または黒曜石分を担当し、sawing1000st、3000st、8000st、scraping3000st 各 1 点、計 4 点の実験をおこなった。実験にあたっては、筆者が実験の趣旨、作業や記録の方法を説明した後、一斉に実験を開始した。被加工物は丸太やその半裁等で、作業は樹皮を剝いで木質部を対象とした。実験石器は、珪質頁岩は山形県小国町横川・大石沢川、新潟県阿賀町ガンドウ沢採集、黒曜石は北海道白滝産で、筆者が砂岩製ハンマー直接打撃で製作した剝片である。sawing は長軸に直交して被加工物を輪切りする方向で作業をおこない、scraping は対象物の長軸に沿って表面を削るように作業した。作業範囲は、sawing では幅深さとも数ミリの溝切り、scraping でも表面を 3 から 4 ミリ程度の削りであり、白材の範囲内にとどまっている。8 名中 7 名が 8000st 途中で予定時間となったため、筆者が実験試料を自宅に持ち帰って残りの作業を実施した。

実験内容は、実験カードに記録した。実験カードには日付、実験場所、実験・記録者、被加工物、被加工物の種別・状態、石器の操作法、作業量（ストローク数）、備考の記入欄があり、実験石器の写真に把持法、使用部位や刃つぶし調整の状況などをフリーハンドで書きくわえた。備考欄や余白には、切れ味の変化、刃部の破損状況などの所見・所感を記入することとした。ただし、結果的にこれらの条件・所見がすべての試料のカードで悉皆的に記入されたわけではなく、記入の欠落は存在する。また、作業の様子や被加工物に残された加工痕を写真にて記録した（第 6.1 図）

第 3 節　結果

1．観察方法

観察は、落射照明金属顕微鏡（オリンパス製ＢＸＭ）でおこない、使用倍率は 100、200、500 倍である。あわせて、肉眼及び 10 倍ルーペで石器を観察して、微小剝離痕などを観察記録した。観察にあたって、石鹸と軟毛歯ブラシで洗浄して、大型残滓等を除去し、エタノールで手脂の除去等を行った。使用痕については、摩耗、線状痕、微小剝離痕、微小光沢面を検討対象とした。微小剝離痕は定量的な分析が必要であるが（阿子島 1981）、今回はそうした記録作成にいたっておらず、今後の課題としたい。

微小光沢面は最も重要な使用痕である、珪質頁岩は東北大学使用痕チームによるタイプ分け（梶原・阿子島 1981）、黒曜石は御堂島正の光沢面分類（御堂島 1986）を基準としたが、特徴の記述にあたっては、筆者らの属性分析を参照した（Yamada・Sawada1992、沢田 1993）。写真撮影は顕微鏡用デジタルカメラ（レイマー社フロイド）を使用し、使用痕の特徴を典型的に示すか所を選択して撮影した。さらに、記録写真では焦点合成をおこなうこととした。金属顕微鏡は焦点深度が浅いため、撮影した写真においてもごく一部にしか焦点が合わない。そこで、焦点をずらしながら、1 カットあたり数枚から二十数枚の写真を撮影し、焦点合成ソフト Helicon Focus を使用して合成写真を作成した。

2．結果

以下、珪質頁岩、黒曜石の順で、被加工物の条件ごとに観察結果を説明する。

(1) 珪質頁岩

乾燥軟木（スギ）：Sh01 － 04（第 6.2 図、第 6.3 図）

運動方向が sawing の Sh01 から Sh03 では、刃縁の両面で微小光沢面を確認した。光沢面は Sh-B と考えるが、後述するように典型的なものとは異なる面も認められる。Sh01 は、光沢面パッチが連結しはじめた段階である（写真 1、以下「写真」を略す）。線状痕は光沢面上に峰状のものが認められ、結果として、典型的な Sh-B に比べ断面に凹凸のあるやや粗い光沢面となっている（2）。Sh02 は作業量が多いにもかかわらず、光沢面発達度が Sh01 より低い（3）。光沢面の特徴は Sh01 と共通する（4）。Sh03 は光沢面が良く発達し、表面が平滑になるが、部分的には峰状の線状痕が認められる（5、6）。Sh04 は scraping に使用した。刃縁で光沢面が確認でき（7）、断面に丸みがあり、表面も滑らかなことから B タイプと考えるが（8）、詳細な特徴は不明である。

水漬軟木（スギ）：Sh05 － 08（第 6.4 図、第 6.5 図）

運動方向が sawing の Sh05 から Sh07 では、刃縁の両面で微小光沢面を確認した。Sh05 は、石器表面の微高

所で発達した光沢面パッチが連結し、全体として筋状や網目状の分布を示す（9）。線状痕は峰状、平行で、その他にも表面に微細な凹凸が認められることから、光沢面の表面は粗い概観を示す（10）。一見、Sh-E2 に似るが、光沢面は石器表面の微細な低部に侵入せず、断面の丸みが強く Sh-B の範疇で理解すべきであろう。Sh06 は光沢面がきわめて良く発達する。断面が丸く滑らかな光沢で、線状痕も微細で、Sh- B タイプとするが、パッチの特徴は A としても良いほどである（11、12）。ただし刃部付近では粗い概観を示すものがあり（13）、これは作業で生じた細片の影響も考えられる。Sh07 も断面が丸く、表面の滑らかな光沢面が発達しており、B タイプである（14、15）。Sh08 は scraping に使用したが、刃部の凸部で極小のパッチを検出したにとどまった。丸い断面や滑らかな表面など B タイプの特徴がみられるが（16）、極小パッチのため詳細な議論はできない。

乾燥硬木（コナラ）：Sh09 － 12（第 6.6 図、第 6.7 図）

運動方向が sawing の Sh09 から Sh11 では、刃縁の両面で微小光沢面を確認した。Sh09 は、石器表面の微高所で光沢面パッチが形成されているが、連結は進んでいない。線状痕は峰状、平行で、一部では表面の粗い光沢面もみられるが（17）、発達したか所では滑らかな表面が確認でき（19）、Sh-B とする。Sh10 では、パッチの連結は進んでいるが、光沢面は石器表面の高所を中心に分布し、筋状、網目状の概観を示す（20）。200 倍では、B タイプの特徴である丸い断面、滑らかな表面が確認できる（21）。Sh11 では粗い光沢面が広がる部分と（22）、丸く滑らかな B タイプが発達するか所がある（23）。作業中に比較的大型の微細剥離が多数発生しており、前者はそれとの摩擦の影響かもしれない。Sh12 は scraping に使用したが、刃縁やその凸部で光沢面を検出したにとどまった。丸い断面や滑らかな表面など B タイプの特徴がみられる（24）。

水漬硬木（コナラ）：Sh13 － 16（第 6.8 図、第 6.9 図）

運動方向が sawing の Sh13 から Sh15 では、刃縁の両面で微小光沢面を確認した。Sh13 は両面に光沢面はあるが、背面側ではいちじるしく弱い。微高所のパッチが連結して一定の範囲を占めるが、光沢面の分布は高所中心である（25）。線状痕は峰状のものがあり、200 倍の観察でも表面にやや粗さが認められる（26）。Sh14 は、作業量は多いものの、光沢面の状況は Sh13 と同じである（27、28）。Sh15 では良く発達した光沢面が面的に分布する状況が認められる(29)。写真ではそうした発達部を提示したが(30)、この範囲はは肉眼でも石器表面が光ってみえる。線状痕は微細で平滑なものが中心となり、光沢面の表面は滑らかである。典型的な B タイプで、発達したか所は A タイプといっても良いかもしれない。Sh12 は scraping に使用し、刃縁腹面側やその縁辺上で光沢面を検出した。発達部では、表面が滑らかとなり、やや平坦ではあるが B タイプと判断される（31、32）。

(2) 黒曜石

乾燥軟木（ホオノキ）：Ob01 － 04（第 6.10 図、第 6.11 図）

運動方向が sawing の Ob01 から 03 では、刃縁両面で微小光沢面を確認した。Ob01 は、微小剥離痕縁辺などで鋭い線状痕を伴う光沢面が確認できるが、光沢面の発達度の低い Ob-I タイプと判断され（33、34）、詳細な特徴は論じがたい。Ob02 は幅広で底面の粗い御堂島分類によるｂタイプを主体とする線状痕が刃縁と平行する。光沢面は、断面が丸く滑らかな光沢面がフィッシャーなどの高所から平面に広がっており（35、36）、Ob-B タイプと判断する。比較的大規模な表面の剥落が確認され（37）、剥落によって生じた細片が粗い線状痕の要因となった可能性がある。Ob-03 は、Ob-B タイプの光沢面がさらに発達して面的に広がる（38）。Ob04 は scraping に使用した。刃縁で光沢面が確認でき、断面に丸みがあり、表面も滑らかなことからＢタイプと考える（39、40）。

水漬軟木（ホオノキ）：Ob05 － 08（第 6.12 図、第 6.13 図）

運動方向が sawing の Ob05 から 08 では、刃縁両面で微小光沢面を確認した。Ob05 は、きわめて幅広のｂタイプ線状痕が大量に発生して粗い概観となる（41）。これは乾燥ホオノキでも認められた表面の剥落によって生じた細片と石器表面との摩擦の結果と推測する。線状痕の中には弧状のキズの連続のものも認められ（42）、この推測を支持する。刃縁も剥落と摩擦により大きく摩耗している。光沢面はこれら線状痕や摩耗痕の間で認められ、やや粗いが丸みをおびた断面形から Ob-B タイプと考えられる。Ob06 も同じ状況でさらに表面や刃縁の剥落と摩耗が大規模になる（43、44）。Ob07 でも、こうした剥落や摩耗は認められるが、その程度は低く、断面が丸く比較的滑らかな Ob-B タイプの微小光沢面の広がる範囲が大きい（45、46）。刃縁の摩耗も大規模だが表面は滑らかで、微小光沢面によるものである。Ob08 は scraping に使用した。刃縁で光沢面が確認できるが発達度

は低く（47）、丸い断面や滑らかな表面などBタイプの特徴は認められるが（48）、それ以上の議論はむつかしい。

乾燥硬木（シラカシ）：Ob09 － 12（第 6.14 図、第 6.15 図）

運動方向が sawing の Ob09 から 11 では、刃縁両面で微小光沢面を確認した。Ob09 では滑らかな光沢面が広がる部分もあるが、そうした範囲でも光沢面はフィッシャーの高まりなど高所に分布する（50）。線状痕は軟木に比べると幅が狭く底面の滑らかなaタイプが多い。また、ホオノキで認められたような、表面の剝落はほとんど認められない。光沢面は丸い断面などの特徴から Ob-B タイプと判断される（50）。Ob10 や Ob11 では、作業量の増加に応じて光沢面の平面への広がりが増すが、やはり範囲は高所中心であり（51、53）、その他線状痕や表面の剝落などの状況も Sh09 と基本的に同じである。光沢面は Ob-B タイプである（52、54）。Ob12 は scraping に使用した。刃縁の摩耗は認められるが、光沢面は未発達で摩耗痕上や摩耗痕と腹面との刃縁付近で小規模に認められる程度である。刃縁付近の光沢面のある範囲では、腹面上に線状痕が認められる（写真 55、56）。光沢面には丸い断面や滑らかな表面などBタイプの特徴は認められるが、パッチが小さく、それ以上の議論はむずかしい。

水漬硬木（シラカシ）：Ob13 － 16（第 6.16 図、第 6.17 図）

運動方向が sawing の Ob13 から 15 では、刃縁両面で微小光沢面を確認した。Ob13 では光沢面が広範囲に石器表面を埋め尽くしている（57）。光沢面は丸い断面となめらかな表面から Ob-B と判断する（58）。線状痕はbタイプが主体であるが、ホオノキで認められた極端に幅の広いものはすくない。また、ホオノキで認められたような、表面の剝落もほとんど認められない。剝離面の稜線や刃縁の摩耗も大きく、被加工物との摩擦による磨り減りの絶対量が大きいと考えられる。Ob14（59、60）、15（61、62）でも状況は同じであるが、Ob13 よりも光沢分布域がさらに広がったり、稜や刃縁の摩耗が増えるなどの状況は明確ではなく、つねに作業量の増加に応じて使用痕が発達するわけではなさそうだ。被加工物や石器の条件によって、光沢面形成の速度が大幅に異なることがうかがえる。Ob16 は scraping に使用した。刃縁の摩耗（63）と刃縁上の光沢面（64）を確認でき、光沢面には丸い断面や滑らかな表面などBタイプの特徴が認められる。

第 4 節　考察

1．木の種類・状態と使用痕

今回の実験では、同じBタイプの中でも比較的表面の粗い光沢面と滑らかな光沢面の 2 種類が認められた。珪質頁岩では、乾燥軟木（スギ）や水漬硬木（コナラ）sawing の作業量が少ないものに表面の粗い光沢面が認められる傾向がある。これは、粗い光沢面は摩耗による表面の改変が少ないため、石本来の微細な凹凸が残っており、結果として表面の粗い光沢面になったと考えられる。。そして、作業量が多くなり光沢面が発達すると表面が滑らかになる。実際、今回の実験結果においても光沢面の発達度と表面のなめらかさ・粗さには関係があると思われる。したがって、考古資料の分析において表面の粗さなどの情報を利用するには、光沢面の発達度との関係に留意したうえで、作業量と関わる状況的証拠が必要であろう。

一方、線状痕のタイプを見ると、硬木の場合、表面が滑らかでも、峰状の線状痕が認められるケースが多いようにもみえる。また、Sh06、07 はいずれも水漬スギであるが、表面が極めて滑らかで断面の丸さが強くドーム状を呈しており、こうした特徴が木の性質や状態と結びつく可能性がある。硬木は角や骨に近い性質のため、使用によって、線状痕の明瞭なDタイプに近い光沢面が形成され、軟質のスギは石器の微細な低部まで接触するため、より丸みの強い断面の光沢が形成されると考えると、ある程度、材質と光沢面との関係も整合的に理解することが可能である。

黒曜石では、水漬軟木（ホオノキ）で石器表面の剝落が発生し、その結果、大量の幅広のbタイプ線状痕が発生し、石器表面が粗い概観を呈した。軟質のホオノキでが水漬されて、さらに柔軟になった結果、石器と被加工物との接触範囲や発生する摩擦力の強さが増加した結果、表面の剝落が生じた可能性がある。もともと表面が鏡面状に滑らかな黒曜石は、いったん生じた粗い面を摩耗する形で使用痕光沢面が形成される（御堂島前掲）。したがって、光沢面の方が石本来の表面よりも粗いことが多い。また、微小剝離で生じた細片や砂粒との摩擦・研磨による表面の研磨と推定される現象が頻繁に認められる。今回は、特にホオノキへの作業でこの現象が認められたが、条

件や樹種を変えた実験をおこなうことで、形成過程をより正確に類推できるデータが得られるかもしれない。また、乾燥硬木（シラカシ）では光沢面の広がりが高所に限定的で、光沢面の内的侵入度も比較的低かった。これは、硬い被加工物という要因で合理的に説明できる現象である。これらの傾向は、さらに実験数を増やすことで、その相関関係をより確実なものとできる可能性があり、今後の課題である。

2．実験における主観的な知とその持つ意味

ここでは、石器の切れ味と微小光沢面との関係を検討する。作業の前半で切れ味が落ちたという所見のあった石器は、Sh02、07、08、14、15、Ob03、12、15である。このうち、Sh02、08、Ob12では光沢面の発達がいちじるしく低く、Sh14、Ob15では同じ被加工物のより少ない作業量の試料より光沢面が発達したとはいえない状況であった。光沢面の発達度の低い試料の多くで、何らかの切れ味の悪さが指摘されたといえることから、実験作業者の切れ味に対する感覚と使用痕の形成には関係がある可能性を指摘できる。作業者の感じる切れ味は、石器の操作における手応えである。この手応えは石器と被加工物との間に十分な摩擦が生じていることを反映していると考えられることから、微小光沢面の形成メカニズムが摩耗であることを考慮すると、切れ味すなわち手応えと光沢面の発達度との間に一定の相関が想定されることは合理的と考えられる。

第5節　まとめと課題

今回の実験をつうじて、被加工物である木の状態と微小光沢面との相関関係をいくつか認めることができた。ただし、実験数の限界もあって、これらの関係はまだおぼろげである。また、今回の実験の主体的な運動方向のsawingは、他の動作に比べて石器と被加工物との接触が不規則、不安定になりがちという問題もある。今後、条件設定を見直し、よりコントロールした実験を実施して、これらの関係を検証するとともに、未知の相関関係を探索することが課題である。条件のコントロールについていえば、本来ならば、軟木、硬木とした木の堅さや、乾燥、水漬した木材の含水量などの測定が必要であった。今後の実験では、それらのデータの記録も課題である。

冒頭でも述べたとおり、木の状態は先史時代の木質利用とふかく関わることが想定される。したがって、実験プログラムの検討にあたっては、民族誌の参照することがきわめて重要かつ有効と考えられる。その点についても、今回の実験では果たせておらず、今後の課題としたい。

引用文献

梶原洋・阿子島香 1981「頁岩製石器の実験使用痕研究－ポリッシュを中心とした機能推定の試み－」『考古学雑誌』67-1 考古学研究会 pp.1-36

御堂島正 1986「黒曜石製石器の使用痕－ポリッシュに関する実験的研究－」『神奈川考古』22 pp.51-77

沢田敦 1993「石器使用痕分析における多変量解析」『考古学における計量分析－計量考古学への道（Ⅲ）－』統計数理研究所 pp.76-84

Keely, L. H., 1980. *Experimental Determination of Stone Tool Uses: A Micro Wear Analysis*. The University of Chicago Press.

Vaughan, P.C., 1985. *Use-Wear Analysis of Flaked Stone Tools*. The University of Arizona Press. Tucson.

Yamada, S., Sawada, A., 1993. The method of description for polished surfaces. *Traces et fonction : les gestes retrouvés Colloque international de Liège, ERAUL* 50, 447-457.

Experimental investigation of the influence of wood conditioning as worked material on formation of micro-wear polishes

Atsushi SAWADA

Abstract

Woodworking is known to form B type use-wear polish on hard shale or obsidian stone tools. However, correlations between wood condition and detailed features of lithic use-wear polish have not been adequately reported. The author conducted a woodworking experiment of to clarify correlation between use-wear and wood conditions such as hardness and moisture contents.

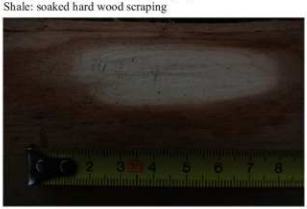
For this experiment, hard shale or obsidian flakes were used for sawing or scraping wood containing softwood such as Japanese cedar and Magnolia obovate and hardwoods such as oak and konara (Quercus serrata). Their condition was dried or soaked. The quantity of work was divided into three stages: 1000, 3000, and 8000 strokes. The experiment results showed the following correlations between wood condition and micro-wear polishes. On shale experimental specimens, sawing hard wood produced ridgeline-like striations on micro-polished surfaces. Sawing soft wood developed very smooth and domed profile micro-polishes. On obsidian, sawing soaked soft wood produced micro-polishes with many wide and rough striations. The distribution of polish tended to be limited to high-profile places of stone surfaces at sawing dry hard wood. These correlations are insufficiently strong to identify the wood condition through use-wear analysis. Therefore confirmation must be done through additional experiments.

珪質頁岩 乾燥軟木 (スギ) sawing
Shale: dry soft wood sawing

珪質頁岩 乾燥硬木 (コナラ) sawing
Shale: dry hard wood sawing

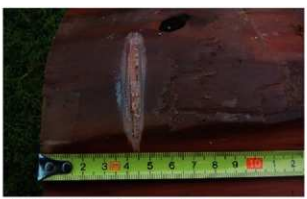
珪質頁岩 水漬硬木 : コナラ scraping
Shale: soaked hard wood scraping

黒曜石 水漬軟木 : ホオノキ sawing
Obsidian: soaked soft wood sawing



乾燥軟木 (ホオノキ) Dry soft wood scraping

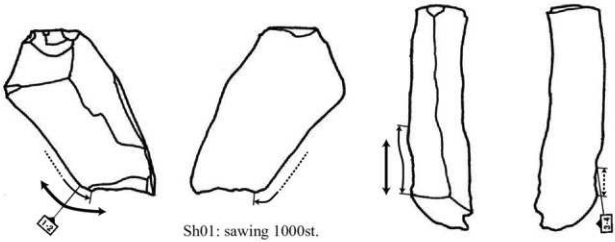
乾燥硬木 (シラカシ) Dry hard wood sawing

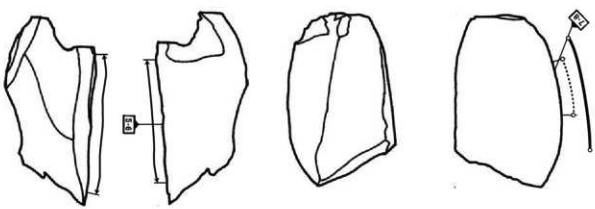


水漬軟木 (スギ) Soaked soft wood sawing

水漬硬木 (シラカシ) Soaked hard wood sawing

第 6.1 図　実験風景と被加工物の加工痕
Figure 6.1　Scenes of experiments and the markes of woodwork.





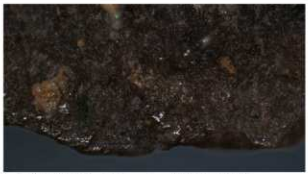
平行方向の使用痕
直交方向の使用痕
微弱な使用痕
使用部位：実験者の感覚による

実験者の所見

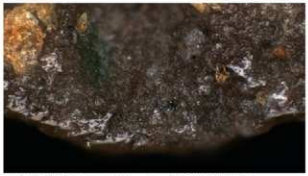
Sh-01	作業中切れ味は落ちなかった。刃こぼれもあまり見られなかった。思ったより深い溝ができた。
Sh-02	1500回を超えると、あまり切れなくなった。300st、2000stで刃こぼれが生じた。
Sh-03	900回前後で刃先が折れた。刃が薄すぎて、深い溝を切れない。刃こぼれで生じたチップとガリガリと接触した。
Sh-04	木の表面は、削った後のかつお節に近い状態になっていた。1ストロークは約6センチ。

0 S=80% 5cm

第 6.2 図　実験石器（乾燥軟木）：Sh01－04
Figure 6.2　Experimental specimens for dry soft wood: Sh01－04.



1 Sh01 乾燥軟木：スギ sawing 1000st. 100 倍
Sh01 Dry soft wood sawing 1000st. 100X.



2 Sh01 乾燥軟木：スギ sawing 1000st. 200 倍
Sh01 Dry soft wood sawing 1000st. 200X.

3 Sh02 乾燥軟木：スギ sawing 3000st. 100 倍
Sh02-2 Dry soft wood sawing 3000st. 100X.

4 Sh02 乾燥軟木：スギ sawing 3000st. 200 倍
Sh02 Dry soft wood sawing 3000st. 200X.

5 Sh03 乾燥軟木：スギ sawing 8000st. 100 倍
Sh03 Dry soft wood sawing 8000st. 100X.

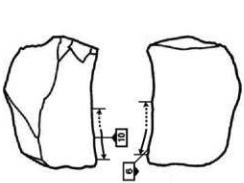
6 Sh03 乾燥軟木：スギ sawing 8000st. 200 倍
Sh03 Dry soft wood sawing 8000st. 200X.

7 Sh04 乾燥軟木：スギ scraping 3000st. 100 倍
Sh04 Dry soft wood scraping 3000st. 200X.

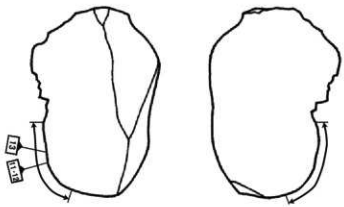
8 Sh04 乾燥軟木：スギ scraping 3000st. 200 倍
Sh04 Dry soft wood scraping 3000st. 200X.

100μm: 100X
100μm: 200X

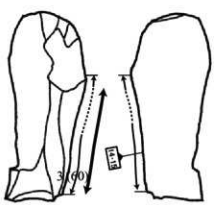
第 6.3 図　実験石器の微小光沢面：Sh01 ー 04
Figure 6.3　Micro-polish on experiment speciments: Sh01－04.



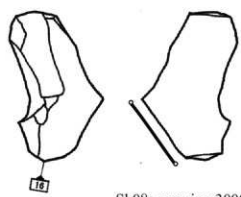
Sh05: sawing 1000st.



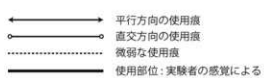
Sh06: sawing 3000st.



Sh07: sawing 8000st.



Sh08: scraping 3000st.



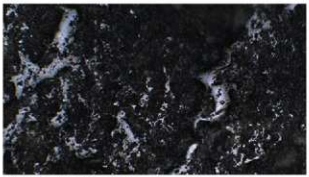
実験者の所見

Sh-05	削りくずの大部分は、最初の200stで出た。370st頃に先端が大きく欠けた。
Sh-06	1700stをすぎた頃から切れている感覚がなくなった。刃こぼれも多くみられ、切るというより、押しあてて、こすって、削り取っている感覚である。400st、700stで刃こぼれ。
Sh-07	2000st頃から、切れている感覚がない。刃部の先端側半分を特によく使った。
Sh-08	1回に動かす幅は約4センチ。木の表面がささくれてうまくいかなかった。作業終了後も、被加工物の表面はなめらかとはいえず、繊維質でぼそぼそしている印象。右利きには使いにくかった。引く動作ではやりにくいので、右手で持って、押す動きで作業した。

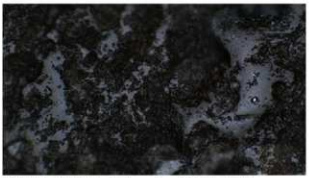
第 6.4 図　実験石器 (水漬軟木): Sh05－08
Figure 6.4　Experimental specimens for soaked soft wood: Sh05－08 .

9 Sh05 水漬軟木：スギ sawing 1000st. 100 倍
Sh05 Soaked soft wood sawing 1000st. 100X.

10 Sh05 水漬軟木：スギ sawing 1000st. 500 倍
Sh05 Soaked soft wood sawing 1000st. 500X.



11 Sh06 水漬軟木：スギ sawing 3000st. 100 倍
Sh06 Soaked soft wood sawing 3000st. 100X.



12 Sh06 水漬軟木：スギ sawing 3000st. 200 倍
Sh06 Soaked soft wood sawing 3000st. 200X.

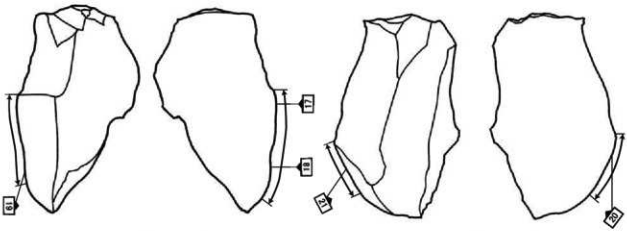
13 Sh06 水漬軟木：スギ sawing 3000st. 200 倍
Sh06 Soaked soft wood sawing 3000st. 200X.

14 Sh07 水漬軟木：スギ sawing 8000st. 100 倍
Sh07 Soaked soft wood sawing 8000st. 100X.

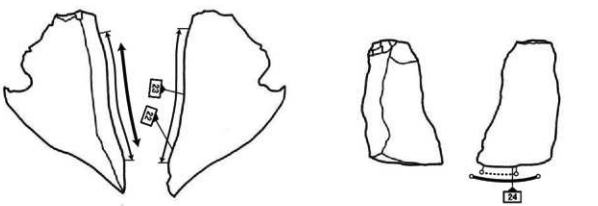
15 Sh07 水漬軟木：スギ sawing 3000st. 200 倍
Sh07 Soaked soft wood sawing 3000st. 200X.

16 Sh08 水漬軟木：スギ scraping 3000st. 200 倍
Sh08 Soaked soft wood scraping 3000st. 200X.

第 6.5 図　実験石器の微小光沢面：Sh05 ― 08
Figure 6.5　Micro-polish on experiment speciments: Sh05－08.



Sh09: sawing 1000st.　　Sh10: sawing 3000st.



Sh11: sawing 8000st.　　Sh12: scraping 3000st.

平行方向の使用痕
直交方向の使用痕
微弱な使用痕
使用部位：実験者の感覚による

実験者の所見

Sh-09	300stすぎから、刃こぼれで細片が生じたが、700st頃から出なくなった。600st頃から切れ味が落ちた。
Sh-10	刃こぼれは少ない。1700st頃から切れ味が落ちた。
Sh-11	600st位まで刃こぼれが生じた。4000st以降、使用部位（刃部）は同じで持ち方を変えた。最後まで切れ味はまあまあだった。刃部はかなり広い範囲を使った印象。
Sh-12	1ストロークは約3センチ。2000st頃から、切れ味が落ちた。

0　S=67%　5cm

第 6.6 図　実験石器 (乾燥硬木): Sh09－012
Figure 6.6　Experimental specimens for dry hard wood: Sh09－12.

17 Sh09 乾燥硬木：コナラ sawing 1000st. 100 倍
Sh09 Dry hard wood sawing 1000st. 100X.

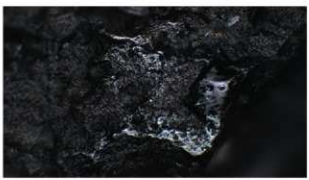
18 Sh09 乾燥硬木：コナラ sawing 1000st. 200 倍
Sh09 Dry hard wood sawing 1000st. 200X.

19 Sh09 乾燥硬木：コナラ sawing 1000st. 200 倍
Sh09 Dry hard wood sawing 1000st. 200X.

20 Sh10 乾燥硬木：コナラ sawing 3000st. 100 倍
Sh10 Dry hard wood sawing 3000st. 100X.

21 Sh10 乾燥硬木：コナラ sawing 3000st. 200 倍
Sh10 Dry hard wood sawing 3000st. 200X.

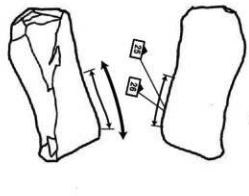
22 Sh11 乾燥硬木：コナラ sawing 8000st. 67 倍
Sh11 Dry hard wood sawing 8000st. 67X.



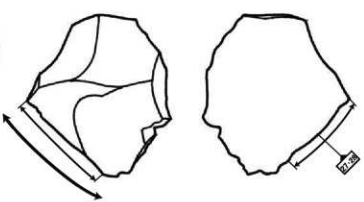
23 Sh11 乾燥硬木：コナラ sawing 8000st. 200 倍
Sh11 Dry hard wood sawing 8000st. 200X.

24 Sh12 乾燥硬木：コナラ scraping 3000st. 200 倍
Sh12 Dry hard wood scraping 3000st. 200X.

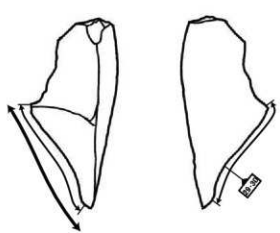
第 6.7 図　実験石器の微小光沢面：Sh09 ー 12
Figure 6.7　Micro-polish on experiment speciments: Sh09－12.



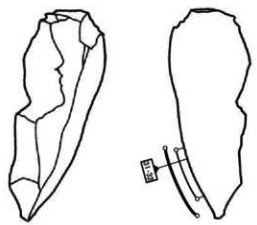
Sh13: sawing 1000st.



Sh14: sawing 3000st.



Sh15: sawing 8000st.



Sh16: scraping 3000st.

平行方向の使用痕
直交方向の使用痕
微弱な使用痕
使用部位：実験者の感覚による

実験者の所見

Sh-13	700～800st頃から切れ味が落ちはじめ、1000st頃には切れる感じがなくなった。深さ2～3ミリの溝ができた。
Sh-14	1400～1500st頃から切れ味が落ちはじめ、2000st頃には切れる感じがなくなった。1500stで刃の一部が欠けてしまい、鋭い刃の部分を除いて切れなくなった。3000st終了時で深さ約3ミリの溝ができた。
Sh-15	300～400stで刃こぼれ。2500st頃から切れ味が悪くなった。4000stで、刃部内での使用する部位を変えた。2～3ミリの溝ができたあたりで、刃が溝に入らなくなる。
Sh-16	1ストロークは約5センチ。当初の200stで刃こぼれが生じ、その後は出ない。1000st以降、木くずの量が増えなくなった。

0 S=80% 5cm

第 6.8 図　実験石器（水漬硬木）：Sh13－16
Figure 6.8　Experimental specimens for soaked hard wood: Sh13－16.

25 Sh13 水漬硬木 : コナラ sawing 1000st. 100 倍
Sh13 Soaked hard wood sawing 1000st. 100X.

26 Sh13 水漬硬木 : コナラ sawing 1000st. 200 倍
Sh13 Soaked hard wood sawing 1000st. 200X.

27 Sh14 水漬硬木 : コナラ sawing 3000st. 100 倍
Sh14 Soaked hard wood sawing 3000st. 100X.

28 Sh14 水漬硬木 : コナラ sawing 3000st. 200 倍
Sh14 Soaked hard wood sawing 3000st. 200X.

29 Sh15 水漬硬木 : コナラ sawing 8000st. 100 倍
Sh15 Soaked hard wood sawing 8000st. 100X.

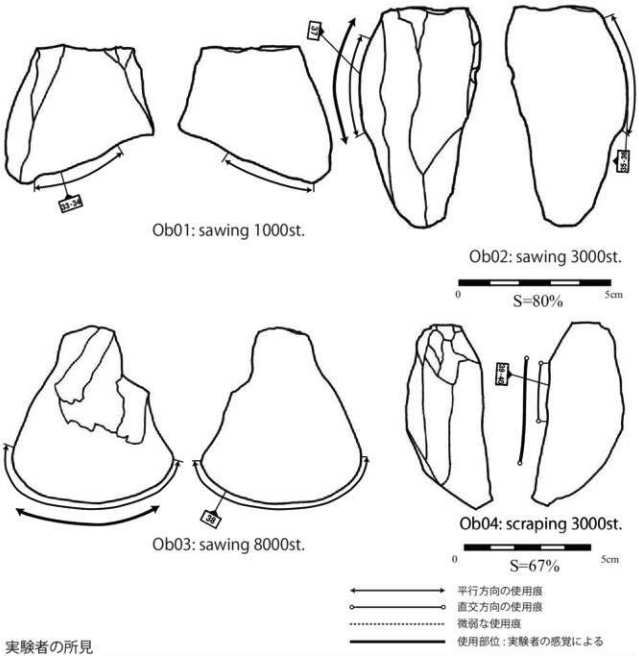
30 Sh15 水漬硬木 : コナラ sawing 8000st. 200 倍
Sh15 Soaked hard wood sawing 8000st. 200X.

31 Sh16 水漬硬木 : コナラ scraping 3000st. 200 倍
Sh16 Soaked hard wood scraping 3000st. 200X.

32 Sh16 水漬硬木 : コナラ scraping 3000st. 200 倍
Sh16 Soaked hard wood scraping 3000st. 200X.

100μm: 100X
100μm: 200X

第 6.9 図　実験石器の微小光沢面：Sh13 ー 16
Figure 6.9　Micro-polish on experiment speciments: Sh13ー16.



実験者の所見

Ob-01	最後まで切れ味は落ちなかった。刃こぼれは特に生じなかった。できた溝は2～3ミリ程度で、切りにくさは感じなかった。使う部位は変えていない。
Ob-02	300～400stで刃こぼれが生じはじめ、1000stを超えると大きさが大きくなった。溝は3～4ミリ程度で、2000stを超えると、深く溝を切るというより、側縁を削る感じ（刃は溝の底まで届いていたと思う）。
Ob-03	使用当初から刃こぼれが生じた。刃に沿って細長く割れた（この部位では切れない）。作業量が増えるにつれて、刃が鈍くなって、切りにくくなった（2000st位で半分はダメになった）。4000st位で刃部全体に刃こぼれが生じた。
Ob-04	1000stで木の皮の下の白い部分が見えはじめ、そのタイミングで刃こぼれが出はじめた。白い部分は皮よりも硬く感じ、そこに作業がおよぶと、刃こぼれの大きさも少し大きくなった。作業後の木の表面はなめらかな感じで、刃部自体にも大きな損傷は見られない。1ストローク約10センチ。木に対して直角前後の傾きでscrapingをおこなった。

第 6.10 図　実験石器 (乾燥軟木): Ob01－04
Figure 6.10　Experimental specimens for dry soft wood: Ob01－04.

33 Ob01 乾燥軟木：ホオノキ sawing 1000st. 100 倍
Ob01 Dry soft wood sawing 1000st. 100X.

34 Ob01 乾燥軟木：ホオノキ sawing 1000st. 200 倍
Ob01 Dry soft wood sawing 1000st. 200X.

35 Ob02 乾燥軟木：ホオノキ sawing 3000st. 100 倍
Ob02 Dry soft wood sawing 3000st. 100X.

36 Ob02 乾燥軟木：ホオノキ sawing 3000st. 200 倍
Ob02 Dry soft wood sawing 3000st. 200X.

37 Ob03 乾燥軟木：ホオノキ sawing 8000st. 100 倍
Ob03 Dry soft wood sawing 8000st. 100X.

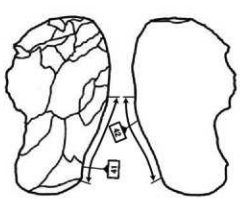
38 Ob03 乾燥軟木：ホオノキ sawing 8000st. 200 倍
Ob03 Dry soft wood sawing 8000st. 200X.

39 Ob04 乾燥軟木：ホオノキ scraping 3000st. 100 倍
Sh04-4 Dry soft wood scraping 3000st. 200X.

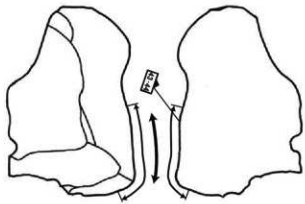
40 Ob04 乾燥軟木：ホオノキ scraping 3000st. 200 倍
Ob04 Dry soft wood scraping 3000st. 200X.

100μm: 100X
100μm: 200X

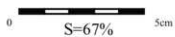
第 6.11 図　実験石器の微小光沢面：Ob01 － 04
Figure 6.11　Micro-polish on experiment speciments: Ob01－04.

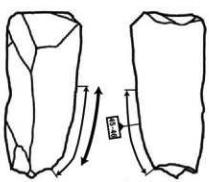


Ob05: sawing 1000st.

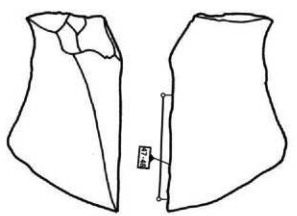


Ob06: sawing 3000st.

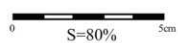


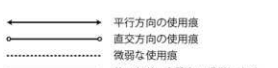


Ob07: sawing 8000st.



Ob08: scraping 3000st.





実験者の所見

Ob-05	最後まで切れ味は落ちなかった。
Ob-06	最後まで切れ味は落ちなかった。1300st頃まで刃こぼれが生じた。
Ob-07	600st位で刃部が一部破損した。6200stで刃部先端を一部欠損した。6500～6600で刃こぼれが生じ、チップがガリガリとあたった。
Ob-08	1ストローク約8センチ。

第 6.12 図　実験石器 (水漬軟木): Ob05－08
Figure 6.12　Experimental specimens for soaked soft wood: Ob05－08.

41 Ob05 水漬軟木：ホオノキ sawing 1000st. 200 倍
Ob05 Soaked soft wood sawing 1000st. 200X.

42 Ob05 水漬軟木：ホオノキ sawing 1000st. 200 倍
Ob05 Soaked soft wood sawing 1000st. 200X.

43 Ob06 水漬軟木：スギ sawing 3000st. 100 倍
Ob06 Soaked soft wood sawing 3000st. 100X.

44 Ob06 水漬軟木：ホオノキ sawing 3000st. 200 倍
Ob06 Soaked soft wood sawing 3000st. 200X.

45 Ob07 水漬軟木：ホオノキ sawing 8000st. 100 倍
Ob07 Soaked soft wood sawing 8000st. 100X.

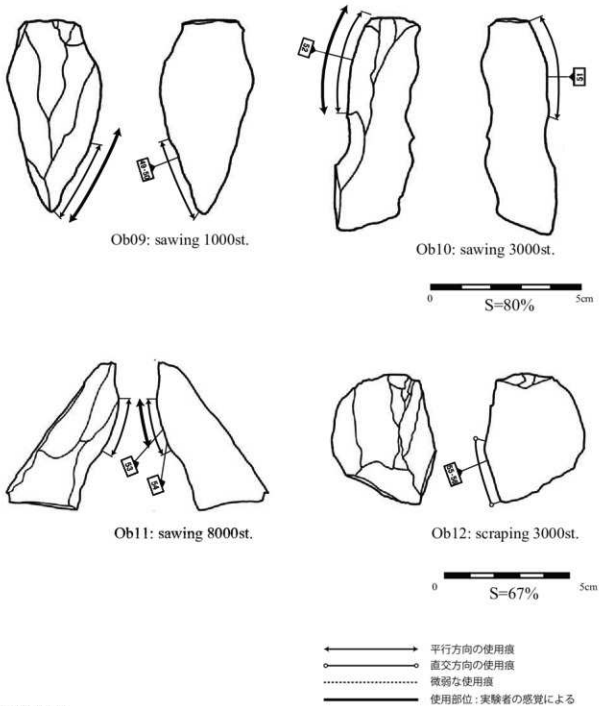
46 Ob07 水漬軟木：ホオノキ sawing 8000st. 200 倍
Ob07 Soaked soft wood sawing 8000st. 200X.

47 Ob08 水漬軟木：ホオノキ scraping 3000st. 100 倍
Ob08 Soaked soft wood sawing 3000st. 100X.

48 Ob08 水漬軟木：ホオノキ scraping 3000st. 200 倍
Ob08 Soaked soft wood scraping 3000st. 200X.

100μm: 100X
100μm: 200X

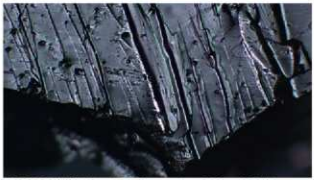
第 6.13 図　実験石器の微小光沢面：Ob05 － 08
Figure 6.13　Micro-polish on experiment speciments: Ob05－08.



実験者の所見

Ob-09	700stすぎに刃こぼれが生じたが、850stをすぎると生じなくなった。最後の方では、作業によって溝が深くなる感触が減った。
Ob-10	1000stまで刃こぼれが生じた。1200st頃から切れ味が落ちた。1500stで引っかかりを感じる様になった。2500st頃から、切るのに困難を感じるようになった。
Ob-11	1400st頃に少し刃こぼれが生じた。最後まで切れ味は維持した。
Ob-12	ほとんど削れず、木の表面がなめらかになるだけだった。削れないので途中で持ち方を変えた。

第 6.14 図　実験石器 (乾燥硬木): Ob09－12
Figure 6.14　Experimental specimens for dry hard wood: Ob09－12.



49 Ob09 乾燥硬木 : シラカシ sawing 1000st. 100 倍
Ob09 Dry hard wood sawing 1000st. 100X.

50 Ob09 乾燥硬木 : シラカシ sawing 1000st. 200 倍
Ob09 Dry hard wood sawing 1000st. 200X.

51 Ob10 乾燥硬木 : シラカシ sawing 3000st. 100 倍
Ob10 Dry hard wood sawing 3000st. 100X.

52 Ob10 乾燥硬木 : シラカシ sawing 3000st. 200 倍
Ob10 Dry hard wood sawing 3000st. 200X.

53 Ob11 乾燥硬木 : シラカシ sawing 8000st. 100 倍
Ob10 Dry hard wood sawing 8000st. 100X.

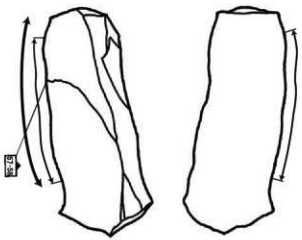
54 Ob11 乾燥硬木 : シラカシ sawing 8000st. 200 倍
Ob11 Dry hard wood sawing 8000st. 200X.

55 Ob12 乾燥硬木 : シラカシ scraping 3000st. 200 倍
Ob12 Dry hard wood scraping 3000st. 200X.

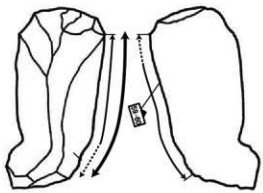
56 Ob12 乾燥硬木 : シラカシ scraping 3000st. 200 倍
Ob12 Dry hard wood scraping 3000st. 200X.

100μm: 100X
100μm: 200X

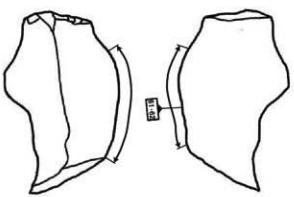
第 6.15 図　実験石器の微小光沢面：Ob09 － 12
Figure 6.15　Micro-polish on experiment speciments: Ob09－12.



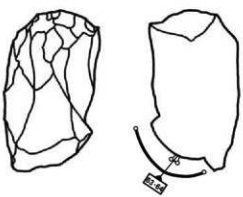
Ob13: sawing 1000st.



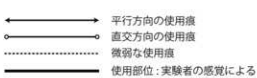
Ob14: sawing 3000st.



Ob15: sawing 8000st.



Ob16: scraping 3000st.



実験者の所見

Ob-15	2200st頃から切れ味が悪くなった。2000st頃まで刃こぼれ、欠損が生じた。
Ob-16	刃部の3～4センチの範囲を使用した。

第 6.16 図　実験石器 (水漬硬木): Ob13－16
Figure 6.16　Experimental specimens for soaked hard wood: Ob13－16.

57 Ob13 水漬硬木：シラカシ sawing 1000st. 100 倍
Ob13 Soaked hard wood sawing 1000st. 100X.

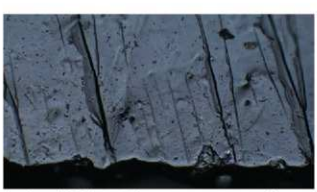
58 Ob13 水漬硬木：シラカシ sawing 1000st. 200 倍
Ob13 Soaked hard wood sawing 1000st. 200X.

59 Ob14 水漬硬木：シラカシ sawing 3000st. 100 倍
Ob14 Soaked hard wood sawing 3000st. 100X.

60 Ob14 水漬硬木：シラカシ sawing 3000st. 200 倍
Ob14 Soaked hard wood sawing 3000st. 200X.

61 Ob15 水漬硬木：シラカシ sawing 8000st. 100 倍
Ob15 Soaked hard wood sawing 8000st. 100X.

62 Ob15 水漬硬木：シラカシ sawing 8000st. 200 倍
Ob15 Soaked hard wood sawing 8000st. 200X.



63 Ob16 水漬硬木：シラカシ scraping 3000st. 200 倍
Ob16 Soaked hard wood scraping 3000st. 200X.

64 Ob16 水漬硬木：シラカシ scraping 3000st. 200 倍
Ob16 Soaked hard wood scraping 3000st. 200X.

100μm: 100X
100μm: 200X

第 6.17 図　実験石器の微小光沢面：Ob13 － 16
Figure 6.17　Micro-polish on experiment speciments: Ob13－16.

Variabilities in prehistoric human cultural adaptations in Northeast Asia:
The Initial Upper Paleolithic, the last Glacial maximum, and the Post-Pleistocene adaptations

Kaoru Akoshima
Tohoku University, JAPAN

Expansion of modern humans into the arctic landscape during prehistoric times was the complicated processes of interaction between fluctuating environments and diversity in cultural measures of adaptation. The workshop aims to shed light on the territorial expansion of prehistoric populations throughout Northeast Asia, their variabilities in subsistence and technology, and successes and failures in exploitations of natural resources such as game animals, plant crops, and specific geological rock types in the landscape as raw materials for tools in highly mobile settlement patterns. The interdisciplinary program entails specialists in the Far Eastern Paleolithic archaeology, microscopic stone tool analysis, geological landscape, and diachronic environmental reconstructions.

The focus of discussion centers on critical time periods when the strict environments of the arctic placed selection pressures onto human populations with cultural means of adaptations. The Initial Upper Paleolithic (ca.40,000 to 35,000 BP) was the period of transition from the discoidal core based industries toward more efficient blade based industries. Human group mobility increased and selection of certain high quality lithic raw materials, with deepening planning depth of subsistence activities, and symbolic group identification. The last Glacial maximum (LGM) was the period of the harshest cold times in some parts of Northeast Asia. The ever refined systems of cultural adaptation led humans to enlarge their habitats to the arctic and then to the Beringia. The most developed forms of stone tool making technology such as micro-blade production, blade based projectile points with spear throwers, with strict selection of lithic raw materials in the seasonal cycles of human migration, with developed bone/antler tool technology, and artistic representation of figurines. With the abrupt global warming during the terminal Pleistocene placed new selective pressure on human groups in the Northeast Asia. Some populations invented ceramics, some groups intensified in aquatic resources to form shell-middens, some combined hunting with cultivations.

The program thoroughly investigates these complex processes of cultural adaptations throughout Northeast Asian prehistory, from eastern Siberia, the Maritime region, the Japanese Archipelago, and the land bridge area of Beringia to Alaska. The regional archaeological specialists from Russia, Korea, China, and Japan (including short term participants in the program), with an interdisciplinary team with geological landscape and environmental reconstruction will decipher the complex processes of human cultural adaptations during the coldest periods in the Quaternary in the coldest region on the earth.

All inclusive (blades, microblades, bifaces): On the variability of the Late Paleolithic Tool-kit in the industries of Mongolia and Russian Far East[1]

Andrey V. Tabarev

Institute of Archaeology and Ethnography, RUSSIA

Late Paleolithic time (40-10 500 BP) within Northeast Asia is regarded by the archaeologist as the most important period of the Stone Age not only because of the origin and evolution of various technologies managed by Homo sapiens, but also because of the intensive spreading of these technologies from the inland parts of the region to the continental margins and to the coastal areas [1]. More often specialists used to analyze technologies as separate phenomenon (blade technology, microblade technology, bifacial technology, lithic cashes etc.) [2, 3]. Our experience in field, laboratory, and experimental studies with archaeological materials from Northern Mongolia, Russian Far East (Amur Region, Maritime Region, Sakhalin Island), and Korean Peninsula testifies in favor of complex understanding and interpretation of the spread of technologies in a package where "All Inclusive" . The manifestations of technologies in exact regions were connected with the natural conditions, landscape features, composition of faunal resources, and raw material base, in other words, by adaptation to the situation. The visual domination/absence of technologies in the tool-kit reflects the model of "cash memory-hard disk".

As a working hypothesis we propose that one of the Late Paleolithic technological packages was fully formed on the territory of Northern Mongolia around 30-27 000 BP, and moved to the East via northeastern part of China to the Russian Far East and Korean Peninsular as early as 25-23 000 BP [4]. In frames of all these regions the Late-Final Paleolithic complexes demonstrate (depending on the raw material quality) most or all types of technologies known for Northern Mongolia [5].

The other part of our hypothesis is connected with the possible spread of Late Paleolithic technologies in frames of the Japanese Sea basin during 18-13 000 BP – "Hokkaido-Sakhalin Island" and "Honshu-Lower Amur" interactions are of special interest and focus.

References

[1] A.P. Derevianko, S.V. Markin, A.V. Tabarev The Palaeolithic of Northern Asia, *The Oxford Handbook of the Archaeology and Anthropology of Hunter-Gatherers*, Oxford: Oxford University Press (2014).

[2] S. Gladyshev, A. Popov, A. Tabarev, J.W. Olsen, B. Gunchinsuren, First Known Paleolithic Cache in Mongolia, *Current Research in the Pleistocene* 28 (2011).

[3] A. V. Tabarev Microblade Technologies in Final Pleistocene – Early Holocene Complexes, Northern Mongolia: origin and spreading, *22nd International Symposium «The initial Human Exploration of the Continental and Insular parts of the Eurasia. Suyanggae and Ogonki»*, Yuzhno-Sakhalinsk: SSU (2017).

[4] A. Tabarev Blades and Microblades, Percussion and Pressure: Towards the Evolution of Lithic Technologies of the Stone Age Period, Russian Far East, *The Emergence of Pressure Blade Making: From Origin to Modern Experimentation*, New York: Springer (2012).

[5] A.N. Popov, A.V. Tabarev The Preagricultural Human Occupation of Primorye (Russian Far East), *Handbook of East and Southeast Asian Archaeology*, New York: Springer (2017).

1 Supported with the research grant #16-01-00181 from Russian Foundation for Basic Researches.

Late Pleistocene jasper cache from the Arts Bogdyn Nuruu massif in the Gobi Altai Mountains and the problem of its interpretation

Józef Szykulski*, Mirosław Masojć*, Biamba Gunchinsuren***,
Davakhuu Odsuren** and Marcin Szmit***

**University of Wroclaw, POLAND*
***Archaeology Department, Mongolian Academy of Science, MONGOLIA*
****Archaeology Museum in Gdansk, POLAND*

A unique Pleistocene deposit of 11 jasper cores was discovered in the Gobi Altai Mountains, within the Arts Bogdyn Nuruu massif in southern Mongolia. It was situated on a mountain ridge above the Khutul Usny valley at a height of ca. 1,500 m a.s.l. away from human settlements. Examination of traces of the artefacts' use proved that at least some of them display evidence of working. The technological analysis of the artefacts revealed that the find should be related to the Levallois-Mousterian population of the central Asian Middle Palaeolithic. The cache from Arts Bogdyn Nuruu is the first discovery of this type recorded within the Gobi Desert. It is a valuable source of information contributing to the discussion of the specific nature of raw material exploitation, the dynamics of settlement and hunting strategies in the Altai region.

Microcores and microblades as the marker of the Initial and Early Upper Paleolithic complexes manifestation, Mongolia[1]

Sergey A. Gladyshev

Institute of Archaeology and Ethnography, RUSSIA

The focus of this investigation is on the technology of micro-percussion in the Upper Paleolithic of Mongolia. Micro-percussion is defined as the entire assemblage of lithic artifacts associated with the production of microblades. The complexes analyzed here include microcores and microblades, but not tools made on them. Until recently, microblade percussion was never considered a distinct trend emergent in the lithic technology of the Early Upper Paleolithic of Mongolia. In this paper, based upon lithic materials from northern Mongolia and the Gobi Altai, we prove the existence of microblade percussion as early as the early stages of the Upper Paleolithic (37-26,000 BP) and persisting until the very beginning of the Holocene (11-10,500 BP). In other words, this is crosscutting technology for the region. We conclude that in the Early Upper Paleolithic complexes of northern Mongolia, preferential reduction initially emphasized narrow-front and, later, wedge-shaped microcore production. Elongated cores exhibiting negative scars of microblade removals on the narrow front were identified in the Tsagaan-Agui Cave assemblage from the Gobi Altai [1], while subprismatic microcores for microblade production and two-dozen microblades were found in the Early Upper Paleolithic horizon in Chikhen-Agui Rockshelter [2] along with microblades and microcores in the Early Upper Paleolithic levels at the Chikhen 2 open-air site [3]. Analysis of materials from the Final Paleolithic and the Early Holocene horizons at the Tolbor-15 site, along with representative surface collections and GIS modeling of site location patterns along tributaries of the Selenga River, allow us to formulate a series of hypotheses regarding the origin of the wedge-shaped flaking technique in northern Mongolia and the dynamics and directionality of its diffusion. We have established that the mobility of Paleolithic and Early Neolithic groups was not limited to the so-called "Selenga Corridor," but, to the contrary, people used low mountain passes to comfortably and conveniently move from one river valley to another. Also, tributaries of the Selenga River were not "dead-end streets" or "pockets;" rather, they constituted transitional paths from upstream areas to the river's mouth. The microblade technique observable in the Final Paleolithic of northern Mongolia exhibits more similarities with lithic complexes known archaeologically to the south (Inner Mongolia) and east (Russian Far East, Korean Peninsula, and Japanese Archipelago), not with the Russian Trans-Baikal region [4].

References

[1] A.P. Derevianko, J. Olsen, D. Tseveendorj, A.I. Krivoshapkin, V.T. Petrin, P.J. Brantingham. The Stratified Cave Site of Tsagaan Agui in the Gobi Altai (Mongolia), *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia* 1 (2000).

[2] A.P. Derevianko, S.A. Gladyshev, J.W. Olsen, V.T. Petrin, Y. Tserendagva. Characteristic Features of the Chikhen Agui Lithic Assemblage (Gobi Altai). *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia* 5 (2001).

[3] A.P. Derevianko, S.V. Markin, S.A. Gladyshev, J.W. Olsen. The Early Upper Paleolithic of the Gobi Altai Region in Mongolia (Based on Materials from the Chikhen-2 Site). *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia* 3 (2015).

[4] I. Buvit, M. Izuho, K. Terry, M.V. Konstantinov, A.V. Konstantiniov. Radiocarbon Dates, Microblades and Late Pleistocene Human Migrations in the Transbaikal, Russia and the Paleo-Sakhalin-Hokkaido-Kuril Peninsula. *Quaternary International* 425 (2016).

1 Supported with the research grant #16-01-00181 from Russian Foundation for Basic Researches.

Archaeological cultures and human adaptation during Post-Glacial era in the south of the Far East of Russia

Aleksander Popov

Scientific museum, Far Eastern Federal University, RUSSIA

One of the principle peculiarities of the Holocene archaeological cultures in the Maritime Region is their high dependence on the climatic and landscape changes which took place during last 13 000 years. About 13 000 - 10,000 BP Paleolithic-Mesolithic inhabitants of the Russian Far East moved to new forms of adaptation which included new technologies of food resources exploration and tool-making (first of all, stone ones). Also the peculiarities of transitional period are the invention and utilization of new materials unknown for previous time. Of course, this is the high-scale production and distribution of pottery as containers for food. These innovations were the answers on the global climatic and landscape changes along with the evolution of vegetation and fauna. The beginning of Neolithic in the Maritime Region most of the archaeologists used to connect with the first evidences of pottery-making. It may be traced by the permanent changes of archaeological cultures within periods of climatic rhythms' shifts. The comparison of climatic conditions and cultural dynamics in early and Middle Holocene points on direct influence of nature processes (landscape transformation, changes in faunal and floral assemblages connected with the fluctuations of the sea level and temperature-humidity conditions) on the change of archaeological cultures in the region.

Cultural adaptations from the Last Glacial Maximum to the Post-Pleistocene in Japanese archipelago[1]

Yoshitaka Kanomata

Tohoku University, JAPAN

The beginning of the Upper Paleolithic period (37,000 cal.BP: 33,000 BP) in Japanese archipelago is chiefly regarded as the time modern human (Homo sapiens) came from Northeast Asia. The largest wave of human immigrant from the north arrived to Hokkaido recognized in the last Glacial Maximum (LGM) [1]. Although blade/non-blade industries commonly existed in the early Upper Paleolithic period in Hokkaido, the number of sites reflecting human occupations was basically small. After the arrival of microblade industry, microblade technology accompanying with pressure removal method was basically composed in almost all the sites from LGM to the Final Paleolithic. Therefore, acceptance of microblade technology concerning land mammal hunting is regarded as a cultural adaptation to natural/social niche in Hokkaido. Furthermore, it is significant for evaluating cultural adaptations with microblade technologies after LGM to understand variety and similarity in human activity and settlement pattern precisely. The most apparent evolution in miroblade technology happened at 18,000 cal.BP (15,000 BP). The artisans who manufactured microblade by Yubetsu method enlarged their territories and exploited wider range of Hokkaido. Finally, they had passed the Tsugaru Strait and maintained similar subsistence in the distinct environment in northeastern Honshu islands [2].

Jomon period began with abrupt warming in global scale environmental changes. People exploited marine resources, and utilized potteries and land plants effectively [3]. As a results, shell mounds were formed along the coast. In addition, pit dwellings with plant/wood components and hearth were constructed repeatedly in residential settlements. Therefore, archaeologists could discover numerous tools for exploiting various resources obtained through geographical and seasonal organization. Increase of residential sites/houses means not only growth of population but also complexity of social relationships. To cope with such circumstances, ceremonial tools as clay figurines and cultural systems as animism were developed in Jomon period. People also adopted new strategies as storage/caching, social network, continuous gravels, organized hunting with dogs and primitive cultivation. Specialized tools were utilized more effectively and elaborately. In case of lithic tools, pressure and bifacial technologies descended from the Paleolithic age played an important role for reduce and resharpen high quality of raw materials brought from farer sources. Traceologcal approach shows so informative traces to explain how occupants utilized lithic tools carefully.

References

[1] Y. Kanomata Human Adaptation to the Last Glacial Maximum in Northeastern Eurasia, *The History and Cultural Ecology of Boreal Asia*, pp.1-24, Tokyo: Kokon Press (2018). (in Japanese)

[2] K. Akoshima and Y. Kanomata Technological Organization and Lithic Microwear Analysis: An Alternative Methodology. *Journal of Anthropological Archaeology* 38, pp.17-24, (2015)

[3] Y. Kanomata Adaptations in Jopmon culture to Global warming, *Prehistory of the North*, pp. 73-99, Tokyo: Yoshikawa Kobunkan (2015). (in Japanese)

1 Supported with the research grant of JSPS (16KK0020).

Toward the explanation of Variabilities in prehistoric human Cultural adaptations in Northeast Asia: The Initial Upper Paleolithic, the last Glacial maximum, and the Post-Pleistocene adaptations, part 2.

Kaoru Akoshima

Tohoku University, JAPAN

This workshop 8 is actually the second part of the international symposium held in August 4-5, 2018 at Tohoku University, the Graduate School of Arts and Letters, sponsored by Tohoku Forum for Creativity. The part 2 invites Korean and Russian specialists to further investigate the research topics described below, while the part 1 invited 4 scholars from Russia and Poland.

Expansion of modern humans into the arctic landscape during prehistoric times was the complicated processes of interaction between fluctuating environments and diversity in cultural means of adaptation (in the sense of White and Binford). The workshops aim to shed light on the territorial expansion of prehistoric populations throughout Northeast Asia, their variabilities in subsistence and technology, and successes and failures in exploitations of natural resources such as game animals, plant crops, and specific geological rock types in the landscape as raw materials for tools in highly mobile settlement patterns. The interdisciplinary programs in conjunction with the Center for Northeast Asian Studies (CNEAS) of Tohoku University entail specialists in the Far Eastern Paleolithic archaeology, microscopic stone tool analysis, geological landscape, and diachronic environmental reconstructions.

The focus of discussion centers on critical time periods when the strict environments of the arctic placed evolutionary selection pressures onto human populations with cultural means of adaptations. The Initial Upper Paleolithic (ca.40,000 to 35,000 BP) was the period of transition from the discoidal core based industries toward more efficient blade based industries. Human group mobility increased and selection of certain high quality lithic raw materials, with deepening planning depth of subsistence activities, and symbolic group identification. The last Glacial maximum (LGM) was the period of the harshest cold times in some parts of Northeast Asia. The ever refined systems of cultural adaptation led humans to enlarge their habitats to the arctic and then to the Beringia. The most developed forms of stone tool making technology such as micro-blade production, blade based projectile points with spear throwers, with strict selection of lithic raw materials in the seasonal cycles of human migration, with developed bone/antler tool technology, and artistic representation of figurines. With the abrupt global warming during the terminal Pleistocene placed new selective pressure on human groups in the Northeast Asia. Some populations invented and made use of ceramics in diversified degrees, some groups at the face of necessity intensified in aquatic resources to form shell-middens, some groups combined hunting with cultivations or specialized in agricultural production economy.

The program continues to investigate these complex processes of cultural adaptations throughout Northeast Asian prehistory, from eastern Siberia, northern Mongolia, the Maritime region, the Korean Peninsula and the Japanese Archipelago, also to the land bridge area of Beringia to Alaska, further south across the American continents to the coastal Ecuador. The regional as well as Circum-Pacific archaeological specialists from Russia, Korea, and Japan, with an interdisciplinary team with geological landscape and environmental reconstruction

will decipher the complex ecological processes during the coldest periods in the Quaternary in the coldest region on the earth.

The host institution of the program is the Laboratory of Archaeology (Kokogaku Kenkyushitsu) of Tohoku University. The Laboratory has a history of about 95 years since 1920s when Dr. Sadakichi Kita took office at the National History Department. Ever since, archaeologists of Tohoku University including Faculty of Sciences (Dr. Hikoshichiro Matsumoto), Faculty of Medicine (Dr. Kotondo Hasebe and Sugao Yamanouchi), continued excavations and analyses. Professors Nobuo Ito, Chosuke Serizawa, Takashi Suto, and Toshio Yanagida, are included in our history at Faculty of Arts and Letters and Tohoku University Museum. Accordingly, our storage facilities contain abundant archaeological materials and these collections with original research records will be in full use for the pursuit of the above mentioned theoretical themes, from the Early Palaeolithic period, the Upper Palaeolithic period, the Jomon period, the Yayoi period, and also to the processual archaeological studies of the Historic Age of Japan.

The results and their implications of the excavation of Suyanggae site (Loc.1 and 6), Korea

Kyong-woo Lee

Institute of Korean Prehistory, KOREA

The Suyanggae site comprises 5 localities within 3.5km having yielded Paleolithic remains along the riverside of the South Han River. Administratively, the Localities 1, 3, 4, and 5 belong to Suyanggae village, Aegok-ri, Jeokseong-myeon, Danyang County, Chungbuk Province, while the Locality 6 is located in Hajin-ri. Considering the number of localities and variety of cultural remains, they have been recognized as the Suyanggae Paleolithic Complex. So far, the complex has been investigated through 13 full-scale excavations, all salvation excavations without exception. Among them, investigation to the Suyanggae Locality 6(SYG-6) was carried out for construction of a weir in 2013 to 15. From the 4 cultural layers in the Upper Paleolithic of SYG-6, there were 40,805 pieces of Paleolithic remains excavated. While the excavated area is 2,838㎡, each cultural layer yielded clusters of lithic artifacts in a number of spots.

There were discovered 4 Upper Paleolithic cultural layers from the MIS 3 to 2. The Cultural Layer 4(CL 4), lowest CL, was distributed in northwestern part of excavation. For the remains including 10,860 artifacts, shale was exploited as main raw material, whose proportion, 94.8% is dominant compared to other CLs. It is notable that large blade and tanged-points were made intensively, while formal tools only take up very small portion. So the lithic composition appears relatively simple.

The CL 3 was distributed in the west part of excavation, ranging north and south. Most of 7,355 artifacts discovered from the CL consist of primary product derived from tool-manufacturing process like the CL 4. Even though the number is decreasing, tanged-point is still found succeeding CL 4 in addition to evidence of continuous blade production. Moreover, it is striking that new emergence of microblade-core and spall with prepared striking platform for microblade-core was found. The microblade-cores have atypical shape without modification on the body. Considering relation with the microlithic remains from CL 2, it can imply how the microlithic technology emerged in the commencement.

In addition, there were also excavated new findings including ground stone tool, line-engraved gravel which shows change of cultural aspects by CL. Especially, the line-engraved stone with 21 regular lines has attracted much attention as the first discovery of the kind in East Asia.

The CL 2 is distributed in the center of excavation yielding 21,904 artifacts, more than half of whole remains from SYG-6. While most of them are primary product without retouch, blade- and microblade-related artifacts are found numerously. Noticeably, those are thought important to reconstruct microblade production process, given various types of microblade-core.

Secondary production was mainly performed based on blank of blade. While typical end-scrapers were produced with steep edge on the end of blade, the artifacts include side-scrapers, burins, points, stoneware made of ground talc, axe-shaped stone tools made of silicic gneiss, and ground stone tool with partially ground edge.

The CL 1 is distributed in the center and northeastern part of excavation. Most artifacts were related to tool-making, and ratio of tool is relatively small. All 686 artifacts were excavated.

Generally, shale(87.2%) was mainly used for tool-making, while there were utilized other materials like

obsidian(0.4%), quartz(5.3%), quartzite(0.7%), hornfels(1.5%), crystal(0.2%), rhyolite(2.2%), tuff(0.7%), silicic gneiss(0.7%), porphyroid(0.1%), sandstone(0.6%), amphibolite(0.3%), etc. Each layer shows different composition of raw material.

It is notable that obsidian was utilized only in the CLs 1 and 2, not in CLs 3, 4. Moreover, it is also observed that exploitation of quality material like rhyolite, tuff, and hornfels were concentrated in the CL 2. Those are thought chosen to conduct microblade production efficiently.

Meanwhile, the CLs 1 and 3 shows high percentage of quartz as raw material compared to other CLs. Among tools, ones made of quartz are abundant. Especially, there were found development of bipolar technique utilizing quartz, yielding pyramidic wedge-shaped artifacts.

Even though they are not main raw material, some raw materials are found used intensively in each layer: porphyroid in CL 1, schist and silicic gneiss in CL 2, amphibolite in CL 3, and sandstone in CL 4. Especially in CL 2, the materials were intensively used to make stone axes.

Given aspects of raw material composition by CLs and change of artifacts, it is found that raw material has something to do with kind and quality of stone artifacts. In the CL 4 where shale is almost the only raw material, it is marked that blade was made large and long compared to other CLs. Tanged-points were intensively made of those large blades, as well. In the CL 3 having more utilization of quartz, size of blade appears shorter than ones of the CL 4. Also artifacts related to blade production shows significant decline compared to the CL 4. Along with rapid decrease of tanged-point product, there were appearances of new artifacts such as microblade-cores, line-engraved stones, and ground stone tools.

In the CL 2, it is remarkable that new quality raw material like obsidian, rhyolite, hornfels, tuff, crystal were frequently utilized, corresponding to rapid increase in artifacts related to microblade production. While end-scrapers and side-scrapers were produced abundantly, it is noticeable that no tanged-point was found. Besides, association of new tools like ground stone tools, stone axe, stoneware is prominent.

The changing aspects of lithic production and related raw material reflect temporal differentiation along with stratigraphic division. In addition, radiocarbon dating shows clear difference in each layer. The average date of the CL 2 is 18,410 ± 70BP, which is 22,467~22,023 calBP corresponding boundary of the MIS 2 Ⅲ and Ⅳ. While the average date of the CL 3 is 35,180 ± 450BP, 40,172~39,321 calBP, the average of CL 4 is 36,980 ± 350BP, 41,874~41,254calBP, showing lapse of 2,000 years between.

Each cultural layer of SYG-6 revealed clear difference in tool-manufacturing and raw material-utilizing. In sum, it can be concluded like followings: production of large blade and tanged-point in the CL 4, decline of blade and tanged-point and emergence of new technique related to microlith and line-engraving in the CL 3, intensive microlithic production, diversification and increase of living tools like scrapers with no tanged-point in the CL 2. It is remarkable that microlithic artifacts found in the CL 3 has association with tanged-points. The microblade-cores were not modified wedge-shaped but has simple aspects utilizing original shape of the cores, which can be referred to "primitive type"(Lee HJ 2015). It is the "small blade-core" technique found in every CL of SYG-6 that has close correspondence to the microblade-core.

While the small blade-core has less typicality than normal microblade-core and was used to make smaller blade, the knapping technique is very similar with microblade flaking. Through close observation, the small blade flaking could be reconstructed that after striking platform had been prepared by longitudinal flaking like spall flaking, small blade was flaked from a narrow side. During the process, it is modification methods preformed to core that is different from microblade-core. Most small blade-cores found from the CLs 3 and 4 utilized its original shapes without modification.

On the other hand, small blade-cores in the CL 2 utilize bifacial flaking similar to one of microblade-core to prepare striking platform with modification. Though the output is not microblade, the making process is almost identical. This changing aspect suggests that the small blade technique changed and developed from the CL 4

to CL 2 according to emergence of microlithic technique. It is one of the important tasks to investigate the small blade technique with blade and microblade technology.

Along with change of lithic production, the raw material also shows difference in each layer: dominance of shale in the CL 4, intensive exploitation of quartz in the CL 3, and utilization of obsidian in the CL 2. Especially, it is thought that obsidian was introduced with regularization of microblade by developing long distance source to obtain high quality material, implying major technical change before the CL 2 and after. Like this, change of raw material exploitation reflects composition of main tool and its production. So it can be thought that tool-making technique and circumstances related obtainable raw material are most crucial conditions to determine a lithic assemblage.

Changing aspects of lithic composition and raw material found in SYG-6 is not limited as local phenomenon. Even though particular surrounding condition like raw material source and landscape should be considered, it is thought one of the most important sites that represents minute cultural change during the Upper Paleolithic in the Korean Peninsula. For now, SYG-6 is almost the only site containing a huge amount of lithic assemblage in concentration with well stratification. Given antiquity of radiocarbon dates and appearance of typical lithic artifacts, the site is recognized presenting the first and oldest of laminar technology before 40ka which could imply emergence of the modern human in the region. So, it is highly expected to provide critical information to understand how certain kind of human species adapted in the changing environments with developing lithic technology in company with selection and acquirement of raw material.

References

[1] Brantingham et al, 2001, The initial Upper Paleolithic in Northeast Asia, *Current Anthropology* 42:735-746

[2] Lee, H.J. 2015, Study of origin and distribution of blade and microblade industry in Korea, *HangukGuseokgiHakbo* 31:84-115.

[3] Lee, Y.J. et al, 2018, *Report on the Excavation of Suyanggae Site(Locs.1 and 6), Danyang*, Institute of Korean Prehistory

[4] Zwyns, N. 2012, *Laminar Technology and the Onset of the Upper Paleolithic in the Altai*. Leiden University Press. Leiden.

Upper Paleolithic blade industries in Korean Peninsula and Northeastern part of Japanese Archipelago

Hyewon Hong

Tohoku University, JAPAN

Research on the origin of the Upper Paleolithic age has been actively conducted in the world, and it has important significance in human history as well as worldwide movements of Homo sapiens. The Upper Paleolithic age of the Japanese archipelago and Korean Peninsula is represented as blade based industries, and there are close relationships between blade production techniques and the beginning of the Upper Paleolithic age. And looking at the characteristic artifacts in the Upper Paleolithic age, for the Korean peninsula is the appearance of blade and tanged point, and for the Japanese archipelago are the blade technique and the knife-shaped tools. The Upper Paleolithic age of the Japanese archipelago can be divided into three major groups, that is Blade industry, Bifacial point industry, and Microblade industry. The main stone tools of the Upper Paleolithic age in the Northeastern part of JA were also blades and knife-shaped tools made from blank blades. However, the knife-shaped tools recognized in the Northeastern area are mainly those of the basal part retouched. Typical groups are the Higashiyama industry and the Sugikubo industry, which are classified by the type of knife-shaped tools and assemblage composition of stone tools.

The Upper Paleolithic age of the Korean Peninsula can be divided into two major groups, that is Blade industry and Microblade industry. And the characteristic aspect is that they continuously used the types of stone tools which had been used in the Lower Paleolithic age. The tanged point is a representative tool in the Blade industry of the KP. In the discussion on the typological characteristics of tanged point in Korea, there are cases in which some of them are classified by shape similar to the cases in Japanese knife-shaped tool. In addition, as seen in the term 'tanged point', it is common to perceive it as generally recognized as a tool used as projectile or spear point. In practice there is a possibility of tools used for other purposes such as knife, scraper, denticulate, etc.

In case of tanged points identified chronologically earlier, the hypothesis that they were used as multifunctional hafting tools is also confirmed. Of course there are cases where they were used as hunting weapon tools [1 and 2]. This shows diversity of the role of tanged tools or tanged points. In other words, before the analysis as a hunting tool, consideration as a tanged tool is necessary. From the same viewpoint, it is also necessary to consider the function of the base retouched type knife-shaped tools in the Northeastern part of JA. It is considered that comparing the possibility as a hunting tool together with the possibility as a hafting tool, and recognizing it as a stone tool with complex functions will be more efficient in comparative research.

References

[1] Lee, G. and Sano, K. (2018) Were tanged points mechanically delivered armatures? Functional and morphometric analyses of tanged points from an Upper Paleolithic site at Jingeuneul, Korea. *Archaeological and Anthropological Sciences.* vol.10(6):1-13.

[2] Akoshima, K. and Hong, H. (2018) Use-wear analysis of tanged points from Suyanggae site, Locality I and LocalityVI. *Report on the Excavation of Suyanggae Site(Loc. I and* Ⅵ*), Danyang.* Institute of Korean Prehistory. 103-141.

The cultural parallels between Jomon and Valdivia[1]

Yoshitaka Kanomata

Tohoku University, JAPAN

The author has been studying prehistoric Ecuador in South America since 2013 and frequently recognized the cultural parallels between prehistoric Japan and Ecuador. Betty. J. Meggers who proposed "Jomon-Valdivia hypothesis" emphasized that the cultural parallels between widely separated but environmentally similar regions should be compared and explained [1 and 2]. She noted that such cultural parallels indicates the strength of environmental pressures on cultural development. Although natural environments between humid subtropical Japan in mid-latitude and tropical Ecuador just below the equator were so different, similar phenomena happened in both regions simultaneously because of common characteristics on cultural-social conditions.

In this presentation, the author compare the cultural parallels between Jomon and Valdivia cultures as existence of numerous clay figurines, increase of grinding stone and shell mound and so on. Ceremonial features in Jomon and Valdivia cultures were commonly accompanied with human burials in larger village formation. Potteries in the emergence period in both cultures were used basically for cooking river fishes. Therefore, I consider the background from the viewpoints of environment-settlement-subsistence strategies and explain the relationships in detail.

Several cultural parallels as increase of shell mounds could be explained by higher pressure of natural environment in the early Holocene. Rapid rise of sea level brought occupants easier access to the sea foods containing shell [3]. In opposite, social environments strongly affected on kinds of cultural parallels. For instance, female figures increased in relatively complicated society organized by public plaza, ritual constructions and graves. Productivity and prosperity of human offsprings would be symbolized through producing pregnant female figurines because they were necessary to pray ritually for maintenance of long-term stable society. Therefore, their increase occurred in bigger villages in both societies. Clay figurines in Valdivia posed for prayer by putting their own hands together in front of stomach commonly. The consistent postures must have represented habitual praying to God in Valdivia culture. In contrast, clay figurines in Jomon have so wide variety of decorations and postures depending on time period and locality. It is probable that large number of Jomon clay figurines were symbols of God because they have never posed as praying Valdivia figures.

The cultural comparison is useful method to understand characteristics of respective cultures relatively [4]. In addition, such considerations will give us deeper understanding on the organized relationship between cultural components and environmental pressures according to their adaptive technologies.

References

[1] Meggers, B. J., C. Evans and E. Estrada. (1965) *Early formative period of coastal Ecuador: the Valdivia and Machalilla phases*. Smithsonian Contributions to Anthropology vol.1.

[2] Meggers, B. J (1979) Prehistoric America: An Ecological Perspective. New York.

[3] Stothert, K. E. (1985) The Preceramic Las Vegas Culture of Coastal Ecuador. *American Antiquity*. vol. 50, pp.613-637.

[4] Tabarev A.V., Kanomata Y. 2015. "Tropical Package": Peculiarities of the Lithic Industries of the Most Ancient Cultures, Coastal Ecuador, Pacific Basin. *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*, 43 (3): 64-76.

1 Supported with the research grant of JSPS (16K03149).

Lithic technology of the Late Pleistocene – Early Holocene industries of Pacific Basin: Tropical zone research case[1]

Andrey Tabarev

Russian Academy of Sciences, RUSSIA

The character and peculiarities of lithic industries accompanying the transition from preceramic/early ceramic (hunter-gatherers/early agriculturalists, Late Paleolithic/Early Neolithic) cultures in the Pacific basin are of great interest and of intriguing perspective for the comparative studies. Taking into consideration the variety of climatic conditions (tropical, temperate, and polar/arctic zones) there is wide range of local and regional industries which reflect the focuses of economy, technological traditions, and adaptation to local raw material base.

Pacific coast of South America is one of very potential regions [1]. Starting from 2013 joint Russian-Japanese archaeological team is working in the coastal part of Ecuador investigating various aspects of the cultural (Las Vegas - Valdivia) transition. The pilot step was devoted to the analysis of lithic collections from preceramic Las Vegas culture sites (10 800 – 6 600 BP) excavated during 1970-80th [2]. This research allowed us to lay the foundations of the idea of "Tropical Package" which illustrates the peculiarities of the lithic industries in the tropical zone of the Pacific [3].

The further analysis of new materials excavated by joint expedition at the sites (Las Vegas and Early Valdivia cultures) in the coastal zone of Ecuador during 2014-18 gives additional information, helps to detail the idea, and to turn it into the technological model (macro-industry and micro-industry). The application of such approach on the materials known for the Late Paleolithic – Neolithic cultures of the Island Southeast Asia (Philippines, Indonesia) [4] demonstrates the technological complexity of local industries, along with the high efficiency and flexibility of "Tropical Package".

In the development of this approach it could be suggested that the other island/coastal lithic contexts in the Pacific also deserve closer examination – such as, for example, as Okinawa where in spite of the series of sites with early anthropological materials (Late Paleolithic) lithic industry is presented so far only sketchy.

References

[1] T. Dillehay *Settlement of the Americas: A New Prehistory.* N. Y.: Basic Books (2000).

[2] K. Stothert The Lithic Technology of the Santa Elena Peninsula, Ecuador: A Method for the Analysis of Technologically Simple Stonework: PhD Dissertation / Yale University. Ann Arbor (1974).

[3] A. Tabarev & Y. Kanomata "Tropical Package": Peculiarities of the Lithic Industries of the Most Ancient Cultures, Coastal Ecuador, Pacific Basin. *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia,* 43 (3): 64-76.

[4] *Handbook of East and Southeast Asian Archaeology* (Eds. Junko Habu, Peter V. Lape & John W. Olsen). New York: Springer (2017).

1 Supported with the research grant # 18-09-00010 from Russian Foundation for Basic Researches.

Experiences during the experimental workshop at the Department of Archaeology, Tohoku University

Christina-Maria Wiesner
Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nuremberg, GERMANY

During a stay at the Department of Archaeology at Tohoku University in July 2018, I was able to participate in a week-long workshop on experimental research topics in archaeology. These topics included the wear-traces on lithic tools used on different materials, obsidian knapping, prehistoric pottery decoration, spear thrusting, and corn grinding.

The experiments were carefully prepared and executed by the students themselves and supervised by Prof. Kanomata and Prof. Akoshima. At the beginning of every experiment, I was given important information on the research question and the structure of the experiment through a short presentation. After that, the students guided me through the actual experimental activities. The atmosphere during the experiments was warm and friendly. Not only were these experiments really fun to do, but they also showed how difficult and complex some of these prehistoric activities were.

For example, I was very surprised how hard it is to produce a regular small obsidian bladelet by pressure flaking. I did not manage to produce a single good bladelet through the entire experiment, but some of my comrades showed real skill and were more successful. Though I might not have been a gifted stone knapper in prehistoric times, I showed a lot more talent in spear thrusting. I hit the experimental target at a good angle and tore a deep hole into the hide-covered ballistic gel, which would have caused a deadly wound on a real animal of prey. After my successful attack on the target, we examined the tip of the spear for diagnostic impact fractures and recorded their type, size and number.

Trying out different activities like stone knapping and spear thrusting myself, I was able to establish a broader understanding of these techniques, which I had only studied in theory up to this point. I developed a deeper respect for the craftsmanship and expertise of our Stone Age ancestors, who's survival depended on their skill to craft and use the tools we are studying today. Also, I gained additional insight into how to properly conduct an archaeological experiment. I was shown how to prepare the experimental setting and record the process and the results of the experiments in detail, so that they could be of statistical use. At the end of every day, the results of the experiments were presented, and we had time to ask questions and share our experiences. Since some of the findings were quite surprising, I was inspired to include experimental archaeology in my own research in the future.

The entire week went over in the blink of an eye, and I am grateful for what I learned and the wonderful people I met over the week. I highly recommend taking part in the experimental workshop at the Department of Archaeology at Tohoku University. It is a great opportunity to acquire hands-on knowledge on archaeological research topics and have a fun experience at the same time.

Feedback from Program Coordinator

Juthatip Wiwattanapantuwong

Tohoku Forum for Creativity
Organization for the Promotion and Support of Research Activities Tohoku University

This is the report of my participation in the series of archaeology workshop organized by the department of Archaeology, Graduate School of Arts and Letters, Tohoku University. I attend the workshop as a program coordinator of the Tohoku Forum for Creativity Thematic Program 2018 "Geological Stabilization and Human Adaptations in Northeast Asia" which the series of the workshop of "Variabilities in prehistoric human cultural adaptations in Northeast Asia: The Initial Upper Paleolithic, the last glacial maximum, and the Post-Pleistocene adaptations" is included.

Beginning with the experiment from 23rd to 27th July, 2018, the workshop gave me an insight on various topics; how ancient people lived ten thousand years ago, how the stone tools were made as weapons, how the clay pots were made with the ancient technique, how the ancient people use stone tools to hunt, how the archeologists observe and identify the meaning and purpose of the stone they found in excavation sites. The workshop had precisely portrayed how the archaeologists work in the field study.

Following by the workshop in August 4 -5, 2018, which is a 2-day workshop on the weekend at the beginning of Tanabata Festival in Sendai. Invited specialize researchers; Dr. Josef Szykulski (University of Wroclaw), Dr. Sergey Gladyshev (Russian Academy of Sciences) and Dr. Aleksander Popov (Far Eastern Federal University) have shared numerous specialized study techniques which lead to new historical findings and deeper understanding of the past. And on the follow up workshop on February 13, 2019, invited speaker Dr. Kyong-Woo Lee (Institute of Korean Prehistory) had shared the results of his excavation at the sites in Korea and Dr. Andrey Tabarev (Russian Academy of Sciences) had given an interesting talk on the lithic technology during prehistoric periods.

As a person without any background on archeology, I have learned a lot from participating in these workshops. It did not only inspire graduate students and young scientists who want to become an archaeologist, but also expands the current knowledges on archaeological study by the comparison between the internationally active archeologists.

Finally, I would like to express my sincere gratitude and appreciation to the organizers; Dr. Kaoru Akoshima, Dr. Yoshitaka Kanomata, and Dr. Hyewon Hong, for organizing these wonderful events and inviting me to be a part of these workshops.

企画・編集　東北大学大学院文学研究科考古学研究室

企画　　鹿又喜隆　東北大学大学院文学研究科・准教授
　　阿子島香　東北大学大学院文学研究科・教授
編集　　洪　惠媛　東北大学大学院文学研究科・助教

2018 東北知のフォーラム
Geologic Stabilization and Human Adaptations in Northeast Asia.

実験考古学ワークショップ
The Experimental Archaeology Workshop

平成 31 年 3 月 20 日　発行

発行　　東北大学研究推進・支援機構 知の創出センター
　　〒980-8577　宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1
印刷　　株式会社　東誠社
　　〒980-0822　宮城県仙台市宮城野区岡田西町 1-55