

# 研磨技術の痕跡学：骨角器

鹿 又 喜 隆

## 1. はじめに

痕跡学 (traceology) とは、人類の行動とその痕跡の相関性に関する研究法であり、その痕跡の形成後に受けた人類行動以外の営為に関する研究も含まれる。痕跡学は、このような広範な対象領域を含むため、研究者間の理解の相違や、国家間の研究の枠組みの違いなどが見受けられる。例えば、その発信地であった旧ソ連と現在のロシアでは、痕跡学の対象は、石器、骨角器、木製品、金属器などの道具に限らず、壁画や装身具など多様であり、その方法も実験研究や民族誌研究、顕微鏡観察、レプリカの製作と観察などがあげられる (Semenov 1964 など)。そして、最終的には、その技術をめぐる経済的、社会的な総体が総合的な分析を通して推定されていく。一方、日本では、石器の使用痕分析が中心に行われてきたため、ロシア痕跡学との隔たりが大きい。近年は、その隔たりを理解して、痕跡学の応用領域を拡大する研究が続けられている。また、ロシアや欧米、日本以外の地域でも、痕跡学的研究が開始され、新たな局面を迎えている。

さて、近頃の日本でも痕跡学研究への理解が進んでいるが、幾つかの問題点や誤解がある。ひとつは、痕跡学が 1930 年代に痕跡研究の父とされる S. A. Semenov によって旧ソ連で開始されたものと定説のように語られるが (Anderson et. al 2005, 御堂島 2016), E. Y. Girya による個人的教示によれば、P. P. Efimenko による先行研究が既にあったことが指摘されている。Semenov 自身も、自らの著作の中で「P. P. Efimenko が 1934 年に Kostenki I 遺跡から、表面の様々な部位に光沢状の使用痕のある沢山のフリント製石器を選び、それらが我々自身の最初の分析で使われた資料を成している」(Semenov 前掲 p. 3) と記している。二つ目に、旧ソ連の痕跡学研究が、その後どのように継承されて現在に至っているかについて、ロシア以外の研究者が十分に理解しているとは言えない現状がある。そこで、筆者はこれらの課題を解決すべく、ロシア痕跡学研究の中心的役割を果たしている E. Y. Girya と共同研究を進めると共に、日本において石器以外の

材料を対象にした痕跡学的実験研究を開始することにした。

本論は、その中の一つの取り組みである骨角器に関する痕跡学的実験の報告である。今回の実験考古学は、骨角器に残された痕跡が何によって形成されたのかを理解するためのミドルレンジ研究（Binford 1977, 阿子島 1983）である。つまり、静態としての骨角器上の痕跡から、骨角器の機能した当時の人間行動（動態）を推定するために、参照データとして実験結果を提示するものである。なお、同様な研究方法は、石器において多くの蓄積があるが、石器と骨角器はその材質的特徴の違いから、同様のメカニズムで理解できない部分がある。そのため、骨や角の物理的な特徴を把握した上で、骨角器の製作や使用によって生じる諸痕跡を実験的に形成させ、その観察結果を総括することから始めたい。

## 2. 研磨痕跡研究の課題

研磨技術は、かつて新石器時代の特徴のひとつに挙げられていたが、日本では後期旧石器時代初頭には、研磨技術が認められた。諸外国でも磨製骨角器が製作され、ビーナスなどの芸術品も生み出されている。このように研磨技術は人類が後期旧石器時代から用いていた基礎的技術であることが分かる。しかしながら、磨製石器や磨製骨角器の研磨痕について、詳細な実験に基づいて基礎データが提示されたことはほとんどない。日本では、遺物の分析を通じた、痕跡と製作技術の関係への考察（梶原 1984, 河合 2013 など）が中心であり、実験研究に基づく骨角器の研磨技術に関する報告が少数ながら見られるのみである（川添 2017・2018）。また、研磨に用いられた道具との関係性については、例えば矢柄研磨器の研究など、数少ない実験や現代資料の分析事例が散見されるものの（小野田 1976, 小栗 2017）、十分な実験条件に基づいてデータが提示されたことは無かった。つまり、研磨痕の実態を十分な実験に基づいて把握することが、研究の第一歩として重要と考えられる。

なお、骨角器の製作痕に関する注目は、金属器の利用という世界的なテーマに関わることを研究史上かえりみることができる（川添前掲, Christidou 2008, Cristian 2009）。また、骨角器ではないが、貝器でも実験研究の事例があり、参考になる（Solana et al 2011）。既に述べた旧ソ連やロシアの研究以外にも、このような参考になる事例が少数ながらも散見される。

次に、研磨痕形成に関わるメカニズムの解明が課題である。筆者の研磨実験プロジェクトは、本論で報告される骨角器のみではなく、既に多くの蓄積のある剥片石器の使用痕をはじめ、緑色岩（泥岩・片岩）や蛇紋岩などの磨製石器の痕跡など、多様な材料の製作・使用を通してみられる磨耗現象を観察することで、各種痕跡（磨耗痕）の形成メカニズムの違いを相対的に評価し、明らかにしていくことを目指している。

### 3. 骨角器と製作・使用対象物の材質的特徴

工学的な摩擦・磨耗の研究は、トライボロジー (tribology) として研究が進展している。筆者は石器使用痕研究において、トライボロジーの概念を応用し、研究精度の向上に取り組んだ（鹿又 2012）。今回の実験では、骨（猪の指骨と中足骨）、鹿角が道具と材料となるが、その製作には、黒曜石、頁岩、砂岩、鹿皮、鉄（ヤスリ）、木、ヨシ、狸皮、貝、竹、泥岩、土器（混和材の砂の有無）が含まれている。その中で、骨角よりも硬いもの（あるいは硬い物を含んでいるもの）が、黒曜石、頁岩、砂岩、鉄、貝、竹である。それ以外は骨角よりも柔らかい。すなわち、骨角より硬い物は、骨角を面的に削っていき、重磨耗またはシビア磨耗が生じる。この際の磨耗粉は大きい。一方で、骨角よりも柔らかい物では、骨角の面を緩やかに削っていくので、軽磨耗またはマイルド磨耗と言える。例えば、製作時の痕跡であっても、骨角を乾燥皮で加工する場合には、マイルド磨耗が生じるため、硬質材による研磨と一緒の形成メカニズムとみなすことはできない。また、水の有無によって、摩擦の現象は異なり、金属やセラミックの場合には、乾燥摩擦では塑性流動が生じ、表面が荒れる傾向にある。潤滑下の摩擦では、流体摩擦や境界摩擦が生じる。骨角の場合にも、同様のメカニズムで理解できるかを確認する必要がある。また、使用痕は、様々なレベルの磨耗と剥離の組み合わせであり、残滓の存在も含めた総合的な痕跡である。本論では、材質の硬度と表面形状、潤滑の有無に注目して、製作・使用の痕跡にみられる表面形状、線状痕の特徴と分布、両者の切り合い関係の特徴を具体的に記述しながら、磨耗痕の特徴を理解していきたい。その中で、共通した傾向を理解することで、一般に「研磨痕」や「使用痕」と呼ばれるものを、より客観的に把握したい。

以下の観察では、落射照明付金属顕微鏡（オリンパス BX51M）を使用し、100 倍と 200 倍で撮影した写真を観察記録として提示する。

## 4. 実験研究

### (1) 実験の枠組み

骨角器の研磨では、比較的短時間で、元々の素材面が研磨されて新たな面が形成される。そのため、個々の実験に要する時間は、数分で十分である。一方で、骨角器を用いた使用実験になると、明確な使用痕が形成されるまでに、より長い時間がかかる傾向にある。それは、既に述べたように、研磨具と道具、道具と被加工物の硬度の違いが大きな要因である。つまり、研磨具は骨角より通常硬く、アブレイシブ (abrasive) な引っ掻き磨耗を引き起こす。一方で、骨角器によって切ったり削られたりする道具は、原則的には骨角よりも柔らかいものであるため、骨角には緩やかなマイルド磨耗が生じることになる。つまり、こうした原則を理解した上で、磨耗現象を区別して理解する必要がある。実際には、骨角器に認められる痕跡は、剥離 (刃こぼれ) から、アブレイシブ磨耗、マイルド磨耗、風化 (経年変化)、腐食など様々な要素から成っている。本論では、この中の人為的磨耗にのみ注目して検討することにする。

### (2) 製作痕

鹿角と猪の指骨を用いた研磨実験では、頁岩、黒曜石、砂岩、鉄、皮、骨との接触による研磨を、乾燥と水漬けの環境下で実験した。作業時間はすべて1分である。

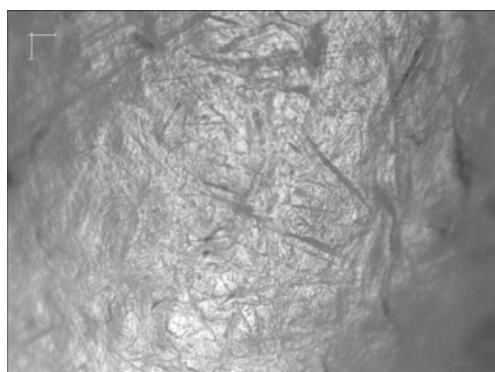
それでは、個々に詳細な状況・状態を検討しながら、観察結果を記述していきたい。まず、鹿角の実験からみていく。鹿角の自然面は、白色の部分と、茶褐色から黒褐色の部分がある。前者では、均一な色調の基質をもち、湾曲のある表面で、多方向の線状痕と粗い表面をみせる (図 1-1)。一方、後者では色調が不均等のために見難いが、表面状態は前者と同様で、ランダムな方向の線状痕の存在で特徴付けられる (図 1-2)。

このような表面を頁岩で削った場合、乾燥状態では、明確な平行の線状痕をもつ平坦面が形成される (図 1-3・4)。線状痕は幅広いものが目立ち、深い。高所に光沢をもつ面が僅かに残される。一方、同様な作業を潤滑下 (水に漬けた状態) でおこなうと、類似しながらも、より光沢性の低い面が形成される (図 1-5・6)。線状痕の幅や深度は乾燥下と変わりがない。

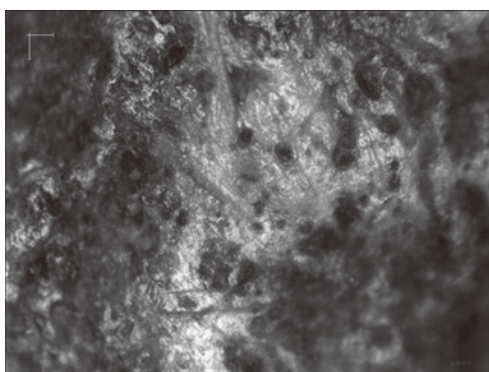
次に、砂岩によって削った場合、幅の広い平行の線状痕がみられるものの、鹿角に比べて線状痕の鋭さがなく、表面が粗い (図 2-1・2)。潤滑下での同様の作業でも類似の

表 1 実験の内容  
Tab. 1 contents of experiments

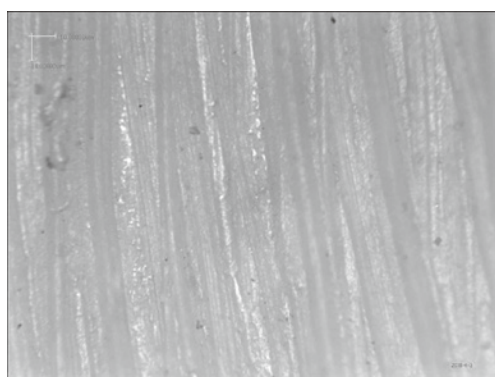
sample no.	condition	operation	worked material/tool	minute	stroke
antler 1	dry	whittle	siliceous shale/flake	1	180
antler 1	wet	whittle	siliceous shale flake	1	180
antler 2	dry	scrape	sandstone/grinding stone	1	240
antler 2	wet	scrape	sandstone/grinding stone	1	240
antler 3	dry	whittle	obsidian/microblade	1	180
antler 3	wet	whittle	obsidian/microblade	1	180
antler 4	dry	scrape	deer hide	1	240
antler 4	wet	scrape	deer hide	1	240
antler 5	dry	scrape	iron	1	150
antler 5	wet	scrape	iron	1	150
antler 6	dry	scrape	antler	1	300
antler 6	wet	scrape	antler	1	300
bone 1	dry	whittle	siliceous shale/flake	1	240
bone 1	wet	whittle	siliceous shale flake	1	240
bone 2	dry	scrape	sandstone/grinding stone	1	240
bone 2	wet	scrape	sandstone/grinding stone	1	240
bone 3	dry	whittle	obsidian/microblade	1	240
bone 3	wet	whittle	obsidian/microblade	1	240
bone 4	dry	scrape	deer hide	1	300
bone 4	wet	scrape	deer hide	1	300
bone 5	dry	scrape	iron	1	300
bone 5	wet	scrape	iron	1	300
bone 6	dry	scrape	antler	1	300
bone 6	wet	scrape	antler	1	300
bone 7	dry	saw	antler	2	360
bone 7	wet	saw	antler	2	360
bone 8	dry	cut	wood	2	240
bone 8	wet	saw	wood	2	360
bone 9	dry	scrape	deer hide	2	300
bone 9	wet	scrape	deer hide	2	300
bone 10	wet	cut	reed	2	260
bone 11	dry	scrape	antler	2	480
bone 11	wet	whittle	antler	2	600
bone 12	dry	scrape	racoon hide	2	300
bone 13	wet	scrape	shell	5	600
bone 14	dry	whittle	shell	5	600
bone 15	dry	whittle	ceramic with sand	5	1200
bone 16	dry	whittle	clay without sand	5	300
bone 17	wet	scrape	clay without sand	5	900
bone 18	dry	scrape	clay without sand	5	900
bone 19	dry	whittle	bamboo	5	600
bone 20	dry	whittle	mudstone	5	900



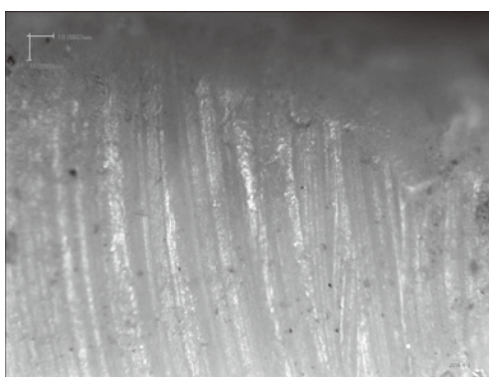
1 鹿角の表面 (100 倍)  
1 natural surface of antler (×100)



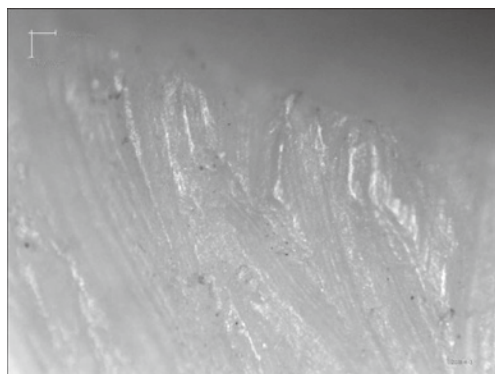
2 鹿角の表面 (100 倍)  
2 natural surface of antler (×100)



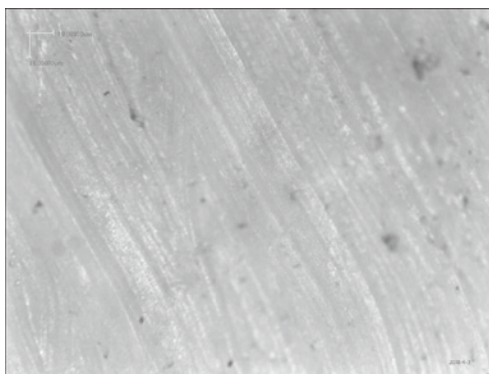
3 頁岩、乾燥、1分・180回 (100 倍)  
3 siliceous shale, dry, 1 minute, 180 st.



4 頁岩、乾燥、1分・180回 (100 倍)  
4 siliceous shale, dry, 1 minute, 180 st.



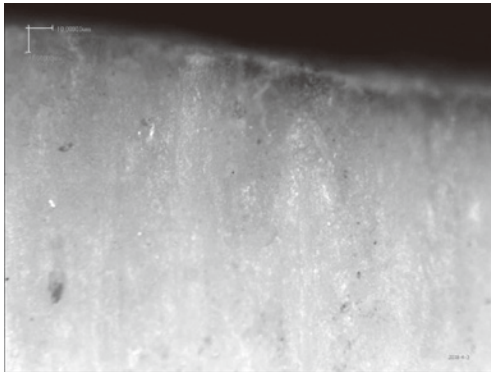
5 頁岩、潤滑、1分・180回 (100 倍)  
5 siliceous shale, wet, 1 minute, 180 st.



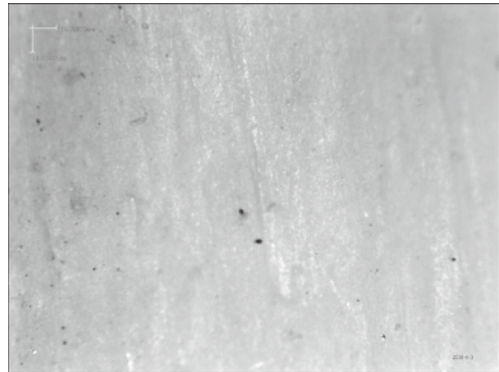
6 頁岩、潤滑、1分・180回 (100 倍)  
6 siliceous shale, wet, 1 minute, 180 st.

図1 鹿角の研磨痕 (すべて100倍にて撮影)  
Fig. 1 polished surface of antler

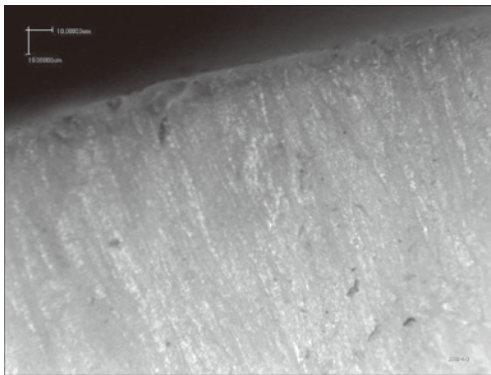
0 200 μm



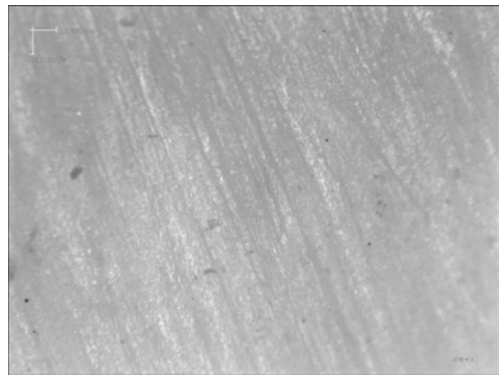
1 砂岩、乾燥、1分・240回 (100倍)  
1 sand stone, dry, 1 minute, 240 st.



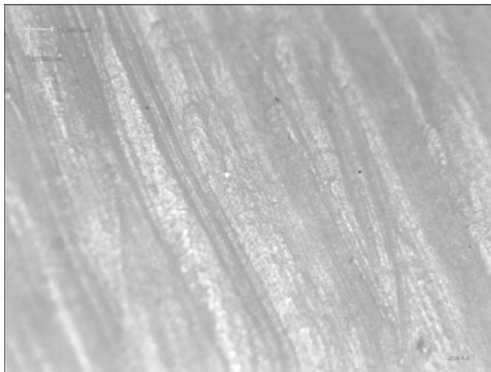
2 砂岩、乾燥、1分・240回 (100倍)  
2 sand stone, dry, 1 minute, 240 st.



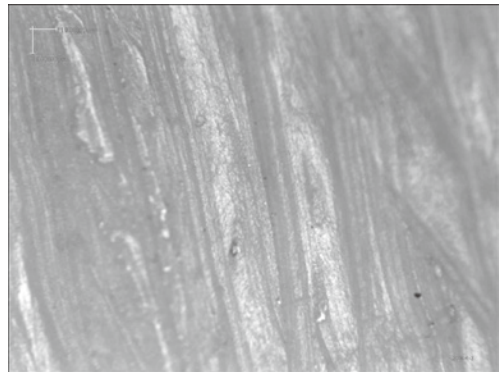
3 砂岩、潤滑、1分・240回 (100倍)  
3 sand stone, wet, 1 minute, 180 st.



4 砂岩、潤滑、1分・240回 (100倍)  
4 sand stone, wet, 1 minute, 180 st.

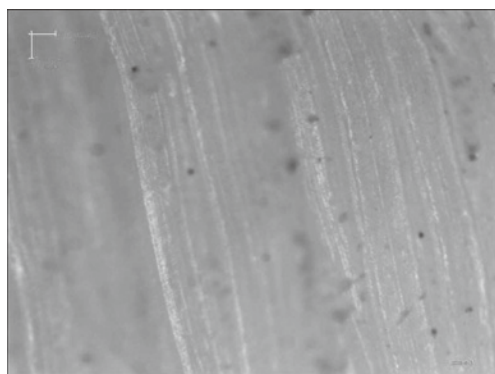


5 黒曜石、乾燥、1分・180回 (100倍)  
5 obsidian, dry, 1 minute, 180 st.

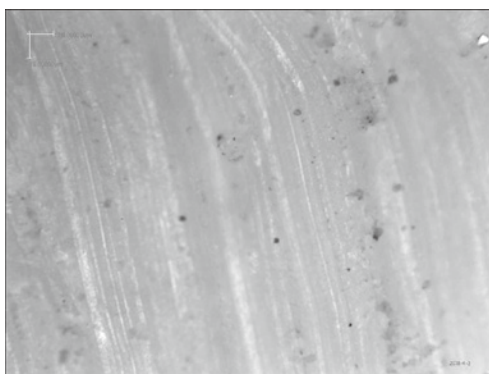


6 黒曜石、乾燥、1分・180回 (100倍)  
6 obsidian, dry, 1 minute, 180 st.

図 2 鹿角の研磨痕 (すべて 100 倍にて撮影)  
Fig. 2 polished surface of antler



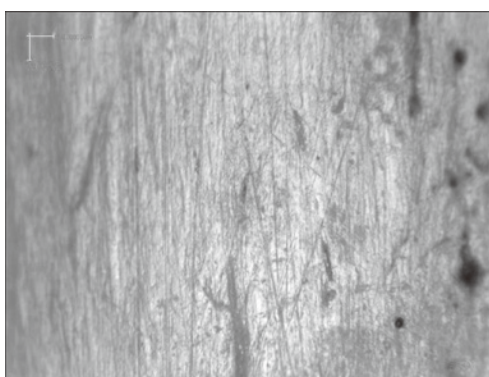
1 黒曜石、潤滑、1分・180回（100倍）  
1 obsidian, wet, 1 minute, 180 st.



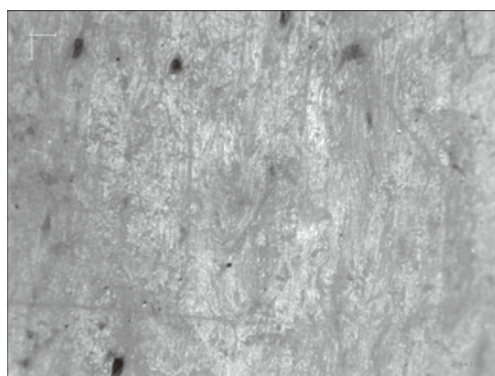
2 黒曜石、潤滑、1分・180回（100倍）  
2 obsidian, wet, 1 minute, 180 st.



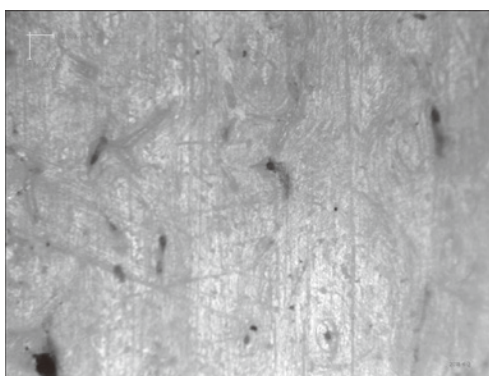
3 鹿皮、乾燥、1分・240回（100倍）  
3 deer hide, dry, 1 minute, 240 st.



4 鹿皮、乾燥、1分・240回（100倍）  
4 deer hide, dry, 1 minute, 240 st.



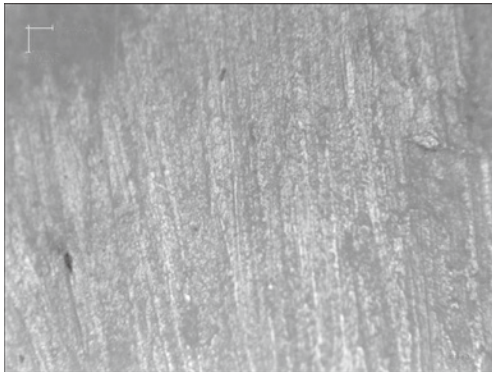
5 鹿皮、潤滑、1分・240回（100倍）  
5 deer hide, wet, 1 minute, 240 st.



6 鹿皮、潤滑、1分・240回（100倍）  
6 deer hide, wet, 1 minute, 240 st.

図3 鹿角の研磨痕（すべて100倍にて撮影）  
Fig. 3 polished surface of antler

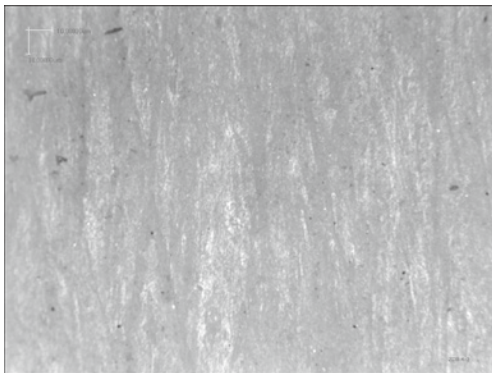




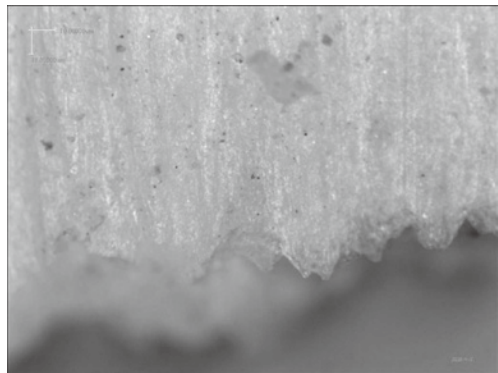
1 鉄ヤスリ、乾燥、1分・150回 (100倍)  
1 iron, dry, 1 minute, 150 st.



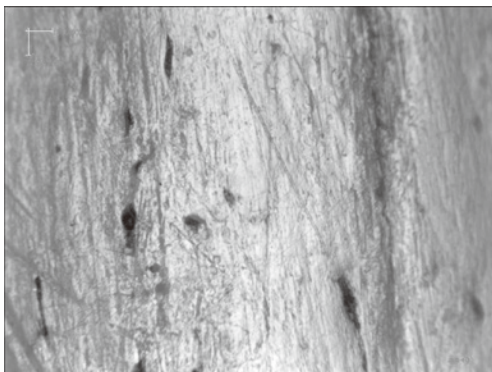
2 鉄ヤスリ、乾燥、1分・150回 (100倍)  
2 iron, dry, 1 minute, 150 st.



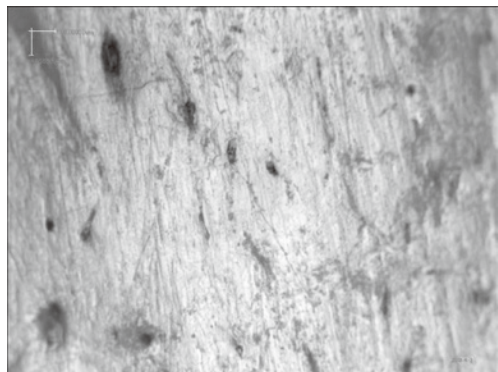
3 鉄ヤスリ、潤滑、1分・150回 (100倍)  
3 iron, wet, 1 minute, 150 st.



4 鉄ヤスリ、潤滑、1分・150回 (100倍)  
4 iron, wet, 1 minute, 150 st.

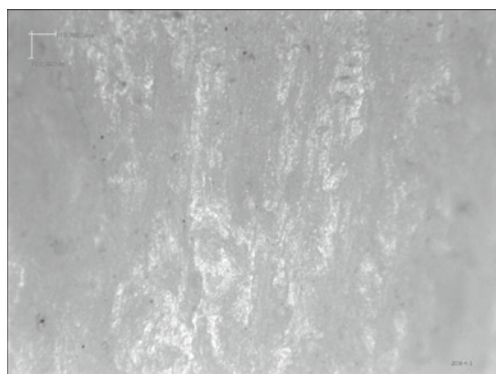


5 鹿角、乾燥、1分・300回 (100倍)  
5 antler, dry, 1 minute, 300 st.



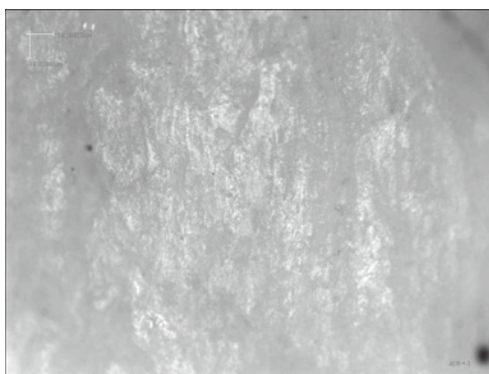
6 鹿角、乾燥、1分・300回 (100倍)  
6 antler, dry, 1 minute, 300 st.

図 4 鹿角の研磨痕 (すべて 100 倍にて撮影)  
Fig. 4 polished surface of antler



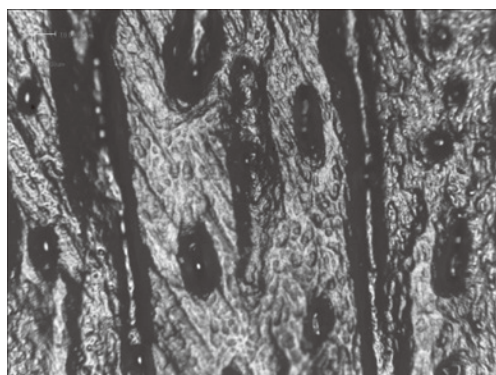
1 鹿角、潤滑、1分・300回（100倍）

1 antler, wet, 1 minute, 300 st.



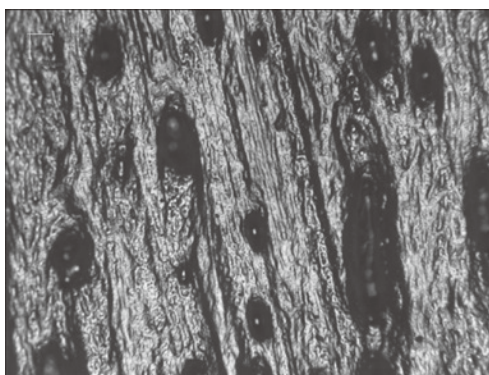
2 鹿角、潤滑、1分・300回（100倍）

2 antler, wet, 1 minute, 300 st.



3 猪の指骨の表面（100倍）

3 natural surface of finger bone/wild boar



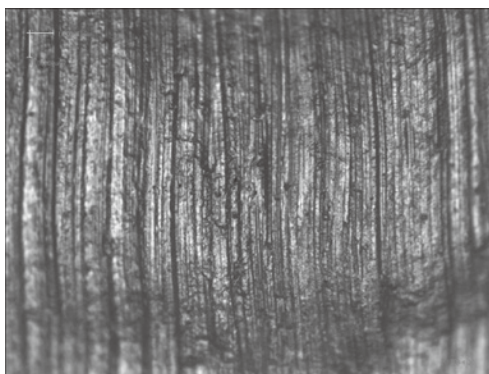
4 猪の指骨の表面（100倍）

4 natural surface of finger bone/wild boar



5 頁岩、乾燥、1分・240回（100倍）

5 siliceous shale, dry, 1 minute, 240 st.

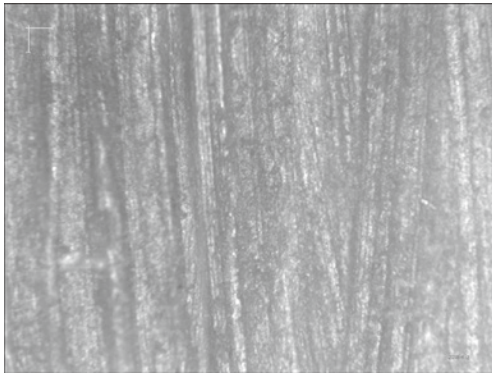


6 頁岩、乾燥、1分・240回（100倍）

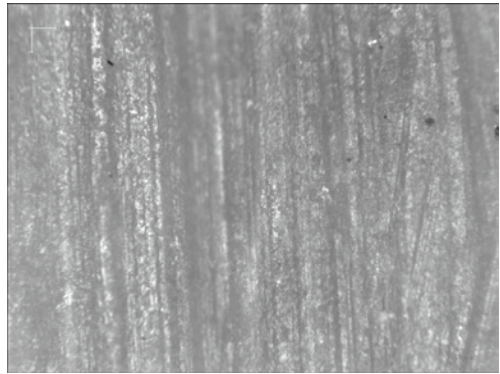
6 siliceous shale, dry, 1 minute, 240 st.

図5 猪骨の研磨痕（すべて100倍にて撮影）

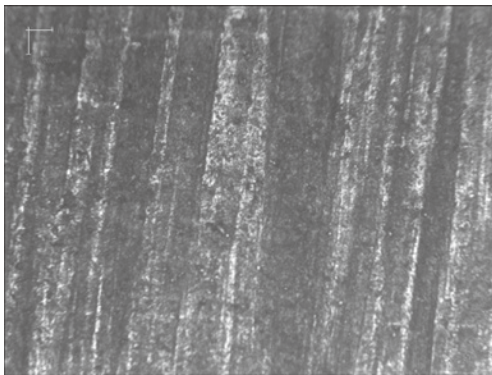
Fig. 5 polished surface of wild boar bone



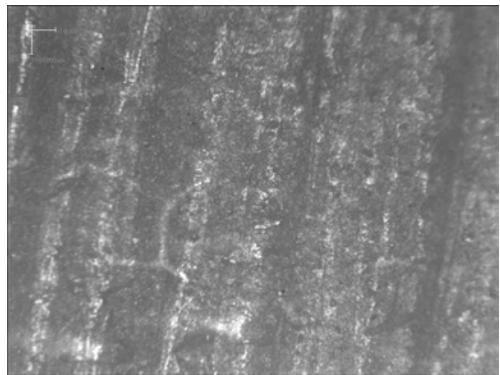
1 頁岩、潤滑、1分・240回 (100倍)  
1 siliceous shale, wet, 1 minute, 240 st.



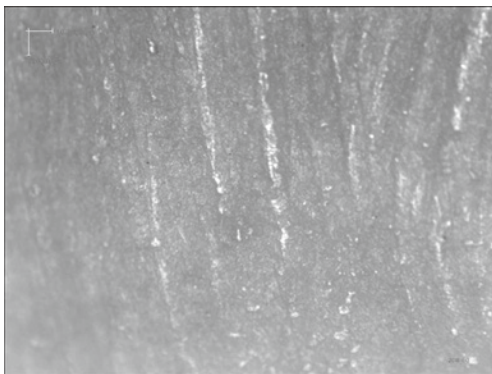
2 頁岩、潤滑、1分・240回 (100倍)  
2 siliceous shale, wet, 1 minute, 240 st.



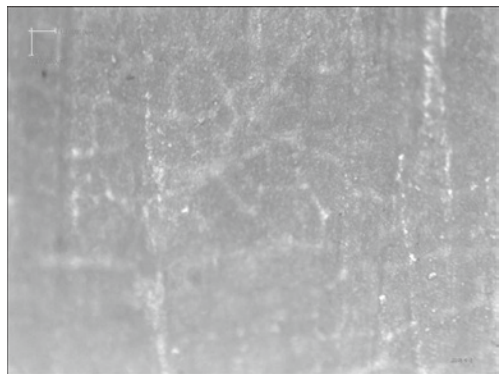
3 砂岩、乾燥、1分・240回 (100倍)  
3 sand stone, dry, 1 minute, 240 st.



4 砂岩、乾燥、1分・240回 (100倍)  
4 sand stone, dry, 1 minute, 240 st.

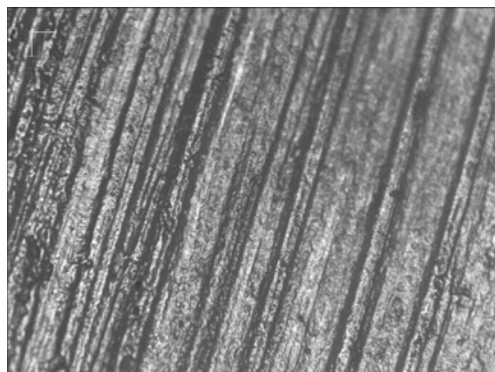


5 砂岩、潤滑、1分・240回 (100倍)  
5 sand stone, wet, 1 minute, 240 st.

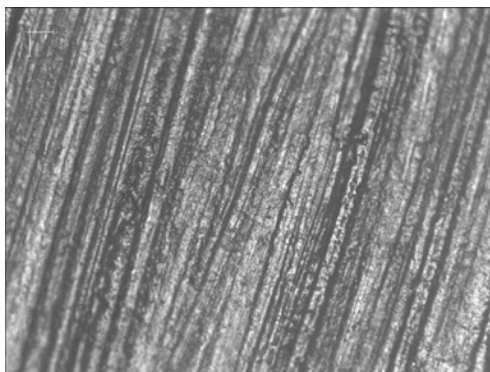


6 砂岩、潤滑、1分・240回 (100倍)  
6 sand stone, wet, 1 minute, 240 st.

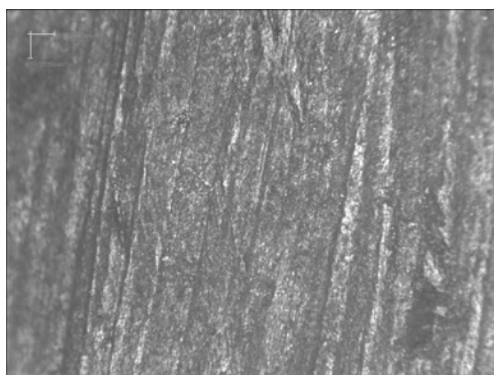
図 6 猪骨の研磨痕 (すべて 100 倍にて撮影)  
Fig. 6 polished surface of wild boar bone



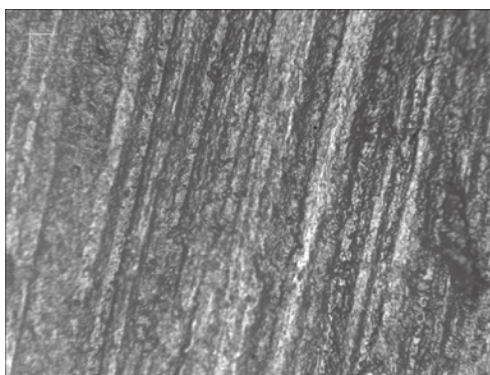
1 黒曜石、乾燥、1分・240回（100倍）  
1 obsidian, dry, 1 minute, 240 st.



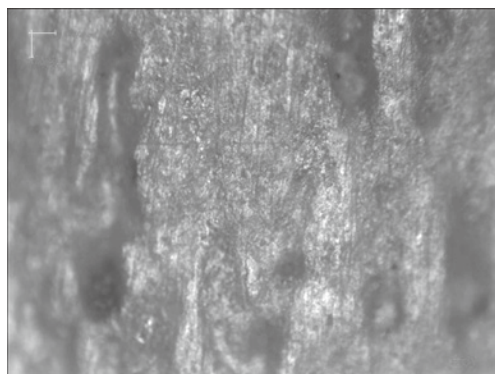
2 黒曜石、乾燥、1分・240回（100倍）  
2 obsidian, dry, 1 minute, 240 st.



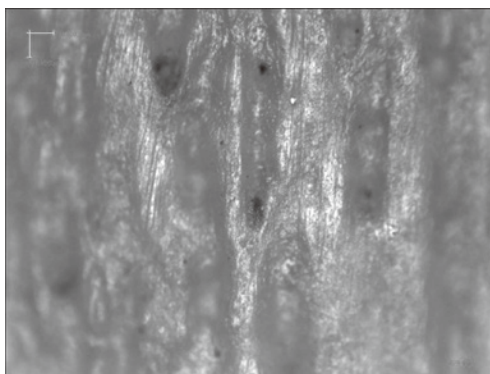
3 黒曜石、潤滑、1分・240回（100倍）  
3 obsidian, wet, 1 minute, 240 st.



4 黒曜石、潤滑、1分・240回（100倍）  
4 obsidian, wet, 1 minute, 240 st.

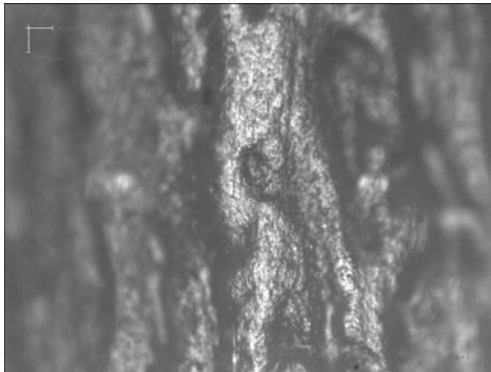


5 鹿皮、乾燥、1分・300回（100倍）  
5 deer hide, dry, 1 minute, 300 st.

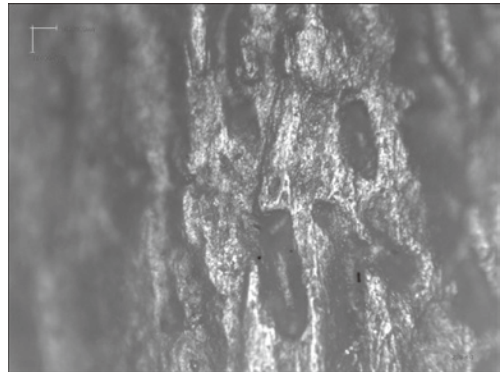


6 鹿皮、乾燥、1分・300回（100倍）  
6 deer hide, dry, 1 minute, 300 st.

図7 猪骨の研磨痕（すべて100倍にて撮影）  
Fig. 7 polished surface of wild boar bone



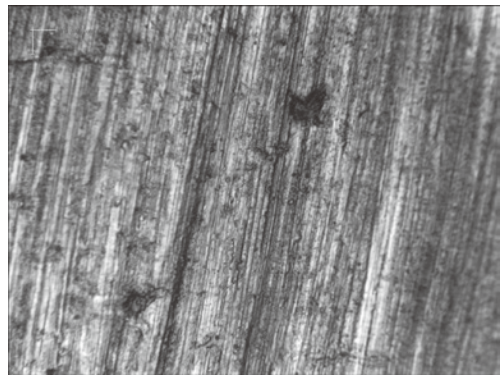
1 鹿皮、潤滑、1分・300回（100倍）  
1 deer hide, wet, 1 minute, 300 st.



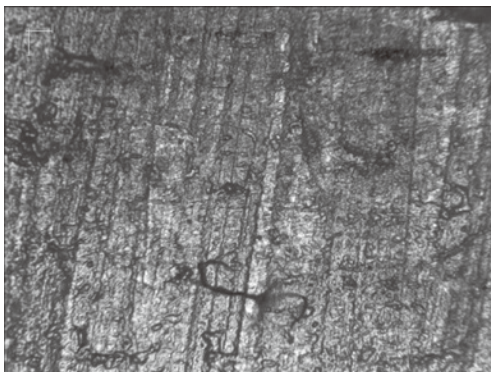
2 鹿皮、潤滑、1分・300回（100倍）  
2 deer hide, wet, 1 minute, 300 st.



3 鉄ヤスリ、乾燥、1分・200回（100倍）  
3 iron, dry, 1 minute, 200 st.



4 鉄ヤスリ、乾燥、1分・200回（100倍）  
4 iron, dry, 1 minute, 200 st.

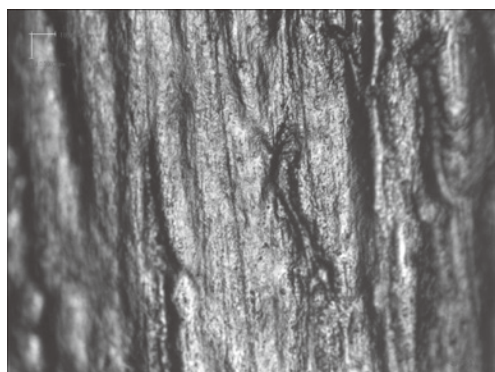


5 鉄ヤスリ、潤滑、1分・200回（100倍）  
5 iron, wet, 1 minute, 200 st.

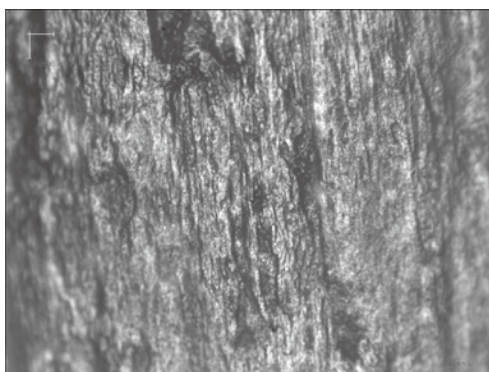


6 鉄ヤスリ、潤滑、1分・200回（100倍）  
6 iron, wet, 1 minute, 200 st.

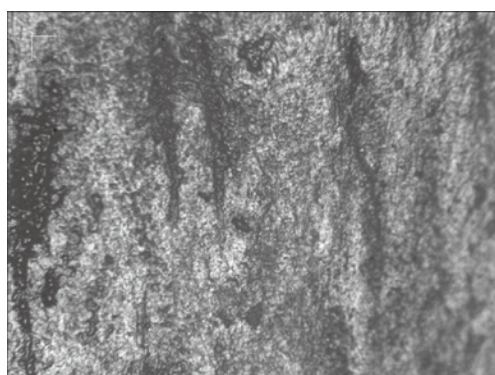
図 8 猪骨の研磨痕（すべて 100 倍にて撮影）  
Fig. 8 polished surface of wild boar bone



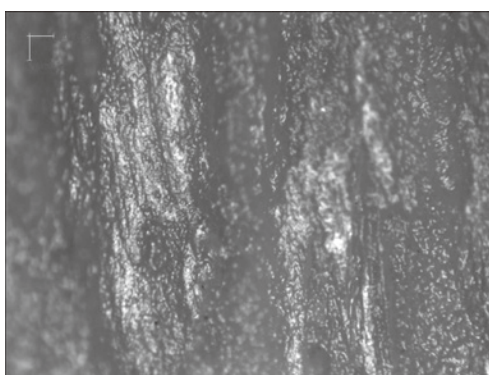
1 猪指骨、乾燥、1分・300回（100倍）  
1 finger bone, dry, 1 minute, 300 st.



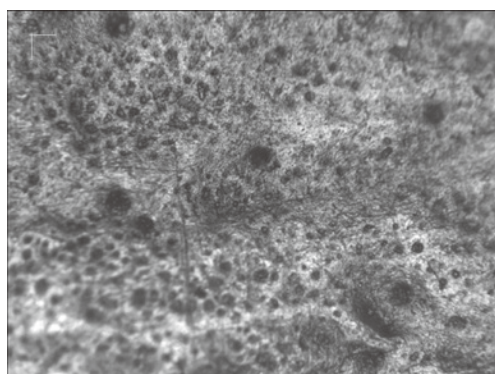
2 猪指骨、乾燥、1分・300回（100倍）  
2 finger bone, dry, 1 minute, 300 st.



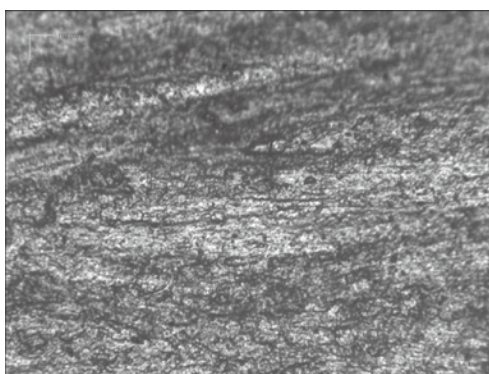
3 猪指骨、潤滑、1分・300回（100倍）  
3 finger bone, wet, 1 minute, 300 st.



4 猪指骨、潤滑、1分・300回（100倍）  
4 finger bone, wet, 1 minute, 300 st.



5 猪・中手骨の表面  
5 natural surface of wild boar bone



6 砂岩、乾燥、1分・240回（100倍）  
6 sand stone, dry, 1 minute, 250 st.

図9 猪骨の研磨痕（すべて100倍にて撮影）  
Fig. 9 polished surface of wild boar bone

面が形成される(図 2-3・4)。砂岩の場合には、潤滑の有無による表面形状の差が小さい。

黒曜石で削った場合、乾燥下では明瞭な平行線状痕が形成され、頁岩の場合と同様の特徴をもつ(図 2-5・6)。潤滑下では、同様の痕跡ながら光沢性が低くなる(図 3-1・2)。

次に、鹿皮で削った(擦った)場合、乾燥下ではより細く浅い平行線状痕と、ピットをもつ磨耗面が形成される(図 3-3・4)。表面形状の変化は上述の岩石による作業に比べて小さい。潤滑下では、線状痕や表面形状は類似するものの、やはり光沢性の低い面となる(図 3-5・6)。

鉄製ヤスリで削った場合、乾燥下では、線状痕は幅広だが、岩石に比べて凹部と凸部の高低差が小さい面となる(図 4-1・2)。潤滑下では、光沢性が低くなったために、線状痕が不明瞭になる(図 4-3・4)。ただし、いずれの縁辺も削いだように切り立った状態である。

最後に、鹿角で削った場合、金属で言えば、「ともずり」の磨耗となるが、乾燥下では、細かく浅い平行線状痕が形成される(図 4-5・6)。ピットが多いが、光沢性が強く、鹿皮の場合よりも滑らかである。潤滑下になると、光沢性が低くなり、線状痕が不鮮明となる。

次に猪の指骨を用いた実験であるが、素材となる緻密質の表面は、基質(骨単位)に沿った筋と、大きなピット(ハヴァース管)の連続によって成る外観を見せる。

その表面を頁岩で削った場合、乾燥下では平行で大小の幅の線状痕から成る均質な面が形成される(図 5-5・6)。もともとの基質の筋やピットは認められず、変形が大きいことを示している。潤滑下では、光沢性が減り、線状痕がやや不鮮明になる(図 6-1・2)。

砂岩で削った場合、乾燥下では、線状痕が幅広く、凸部が平坦な面が形成される(図 6-3・4)。頁岩の場合よりも光沢性が低く、特に凹凸の上下差が小さい面となる。潤滑下では、光沢性が減じ、不明瞭な線状痕となる(図 6-5・6)。

黒曜石の場合、乾燥下では、幅広い線状痕で、その凹凸の上下差が大きい(図 7-1・2)。頁岩の場合と極めて近い外観である。潤滑下では、光沢性が低くなる(図 7-3・4)。

鹿皮で擦った場合、乾燥下では、細かく浅い平行線状痕と粗い表面から成る磨耗面が形成される(図 7-5・6)。しかし、凹部では原面が変形されず、基質の筋とピットがそのまま残る。潤滑下では、同様の痕跡ながら、幾らか光沢性の強い面が形成される(図 8-1・2)。

鉄製ヤスリで削った場合、乾燥下では、凹面が平坦で、幅広の線状痕をもつ面が形成される（図 8-3・4）。基質の形状が大きく変形し、その面影は残らない。潤滑下では、同様の磨耗面ながら、光沢性が低くなる（図 8-5・6）。

猪の指骨で擦った場合、乾燥下では細く浅い平行線状痕が光沢部の内面にみられる（図 9-1・2）。線状痕や磨耗が不明瞭な部分も多く、基質の筋が残る。潤滑下では、光沢性が低くなり、線状痕が不明瞭になる（図 9-3・4）。

以上の結果を総合すると、金属や頁岩、黒曜石、砂岩などの骨角よりも硬度の高い道具で表面を削り取った際には、素材面の名残が無い平坦面が形成されている。その表面は、潤滑下よりも乾燥下の方が、光沢をもち、線状痕が明瞭であるという特徴がある。線状痕の明瞭さでは、黒曜石、頁岩、金属が明瞭であり、砂岩がそれに続き、骨、皮では緩やかな線状痕となる。それらの違いは、接触面の粗さや断面形状の鋭さによると考えられる。こうした特徴は、鹿角と猪の指骨で同じであり、骨角に一貫している可能性がある。結論から言えば、本実験は、研磨に用いられた道具・素材が何であるかを推定できる可能性を示している。

### (3) 使用痕

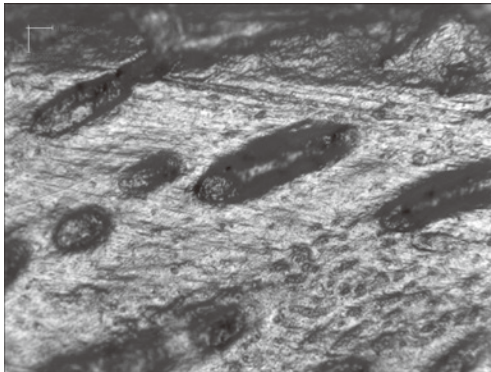
使用実験は、主にイノシシ中足骨を用いて実施した。対象は、鹿角、木、鹿皮、葦、貝、土器（混和材の砂の有無）、竹、泥岩である。素材面（図 9-5）を一旦、砂岩などで研磨して（図 9-6）、その後、その面を使用に供した。作業時間は鹿角、木、鹿皮、葦が 2 分、その他は 5 分である。

骨角を切る作業では、刃縁に平行の線状痕が光沢を伴って形成されている（図 10-1）。光沢部は比較的平らであり（図 10-2）、磨耗面は平坦化するが、素材の凹凸を消すほどには発達していない。乾燥下でも潤滑下でも、線状痕が明瞭で、ややピットの目立つ平滑面を形成している（図 10-3・4）。

木の切断では、乾燥下では線状痕が細く明瞭であり、丸みのある光沢面が形成されている（図 10-5・6）。光沢の分布境界は明瞭であり、石器にみられる wood polish の様子に類似する。潤滑下では、乾燥下よりもやや粗いが類似の光沢面を形成している（図 11-1）。線状痕は細く浅く、表面は粗い。

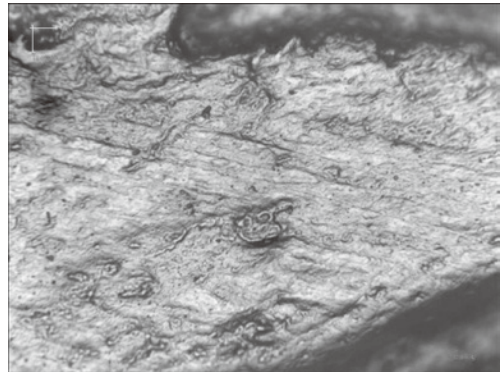
鹿皮をなめす作業の場合、乾燥下では刃部に限定して、緩やかで丸み帯びた磨耗面と不明瞭な直交の線状痕が生じている（図 11-3・4）。潤滑下では、磨耗の範囲が縮小し、





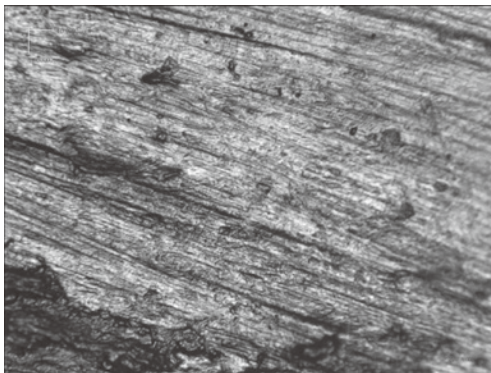
1 鹿角、乾燥、2分・360回 (100倍)

1 antler, dry, 2 minutes, 360 st.



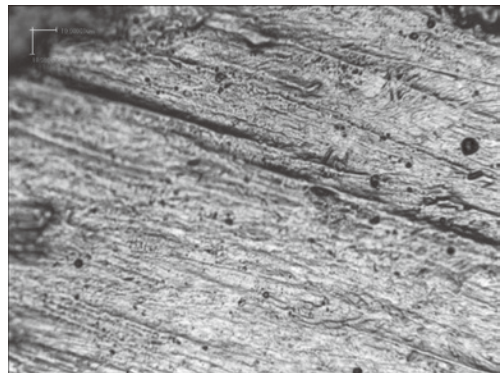
2 鹿角、乾燥、2分・360回 (200倍)

2 antler, dry, 2 minutes, 360 st.



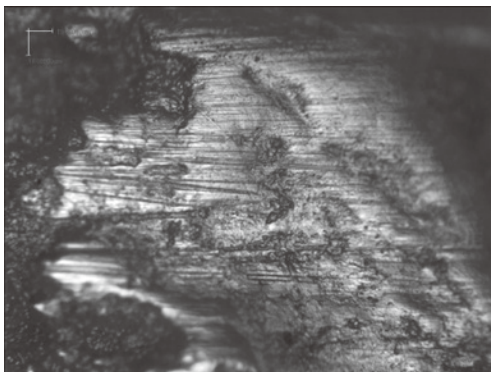
3 鹿角、潤滑、2分・360回 (100倍)

3 antler, wet, 2 minutes, 360 st.



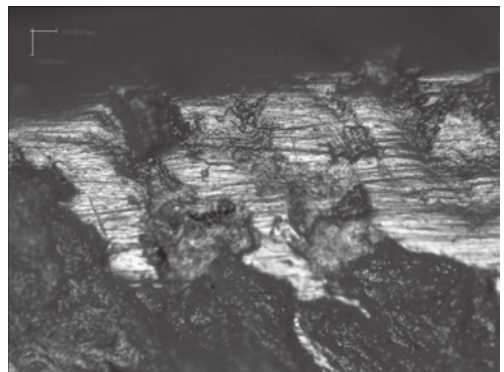
4 鹿角、潤滑、2分・360回 (200倍)

4 antler, wet, 2 minutes, 360 st.



5 木、乾燥、2分・240回 (100倍)

5 wood, dry, 2 minutes, 240 st.

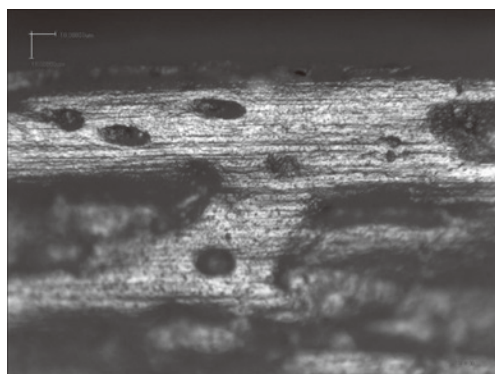


6 木、乾燥、2分・240回 (100倍)

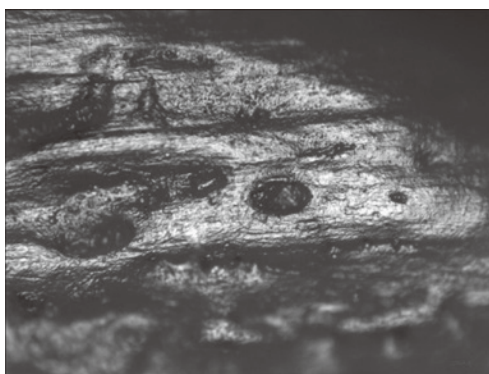
6 wood, dry, 2 minutes, 240 st.

図 10 猪骨の研磨痕 (100倍・200倍にて撮影)

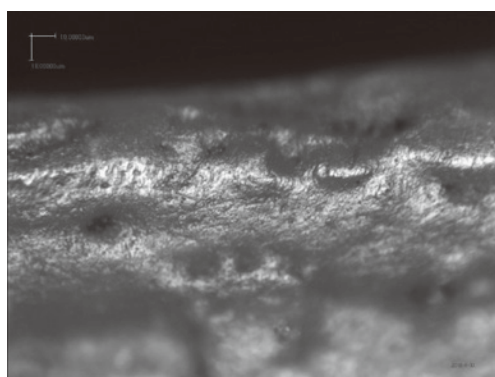
Fig. 10 polished surface of wild boar bone



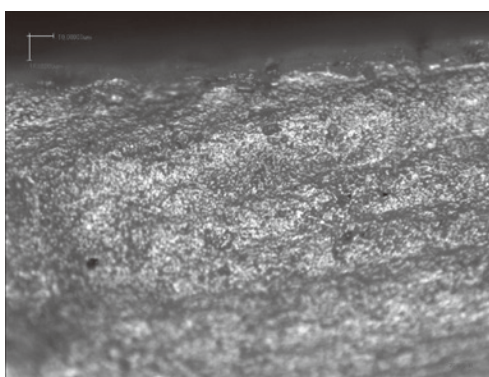
1 木、潤滑、2分・360回（100倍）  
1 wood, wet, 2 minutes, 360 st.



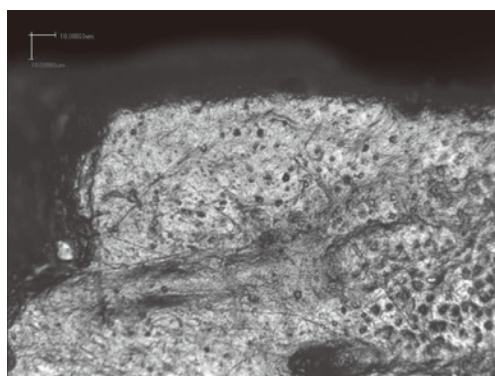
2 木、潤滑、2分・360回（100倍）  
2 wood, wet, 2 minutes, 360 st.



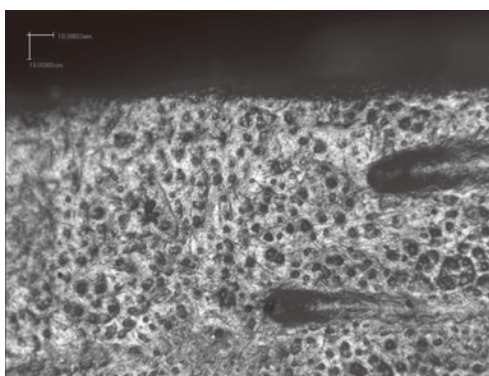
3 鹿皮、乾燥、2分・300回（100倍）  
3 deer hide, dry, 2 minutes, 300 st.



4 鹿皮、乾燥、2分・300回（100倍）  
4 deer hide, dry, 2 minutes, 300 st.

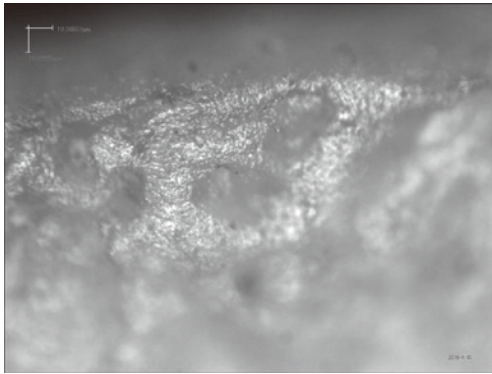


5 鹿皮、潤滑、2分・300回（100倍）  
5 deer hide, wet, 2 minutes, 300 st.



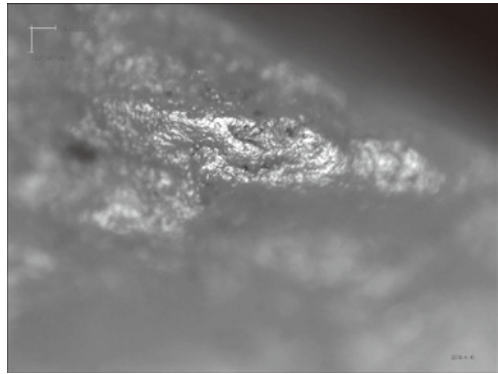
6 鹿皮、潤滑、2分・300回（100倍）  
6 deer hide, wet, 2 minutes, 300 st.

図 11 猪骨の研磨痕（すべて 100 倍にて撮影）  
Fig. 11 polished surface of wild boar bone



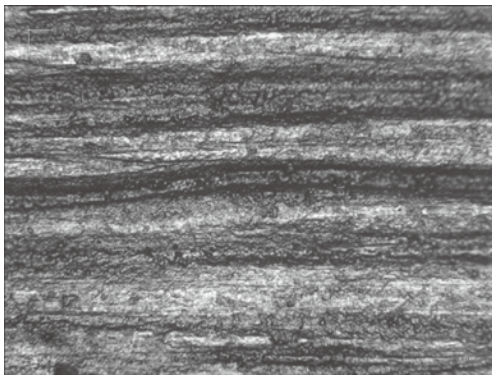
1 葦、潤滑、2分・260回（100倍）

1 reed, wet, 2 minutes, 260 st.



2 葦、潤滑、2分・260回（100倍）

2 reed, wet, 2 minutes, 260 st.



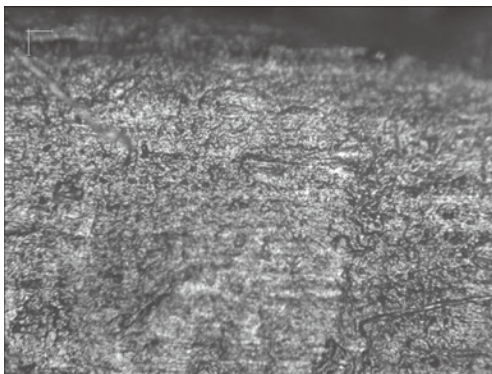
3 黒曜石、乾燥、1分・240回（100倍）

3 obsidian, dry, 1 minute, 240 st.



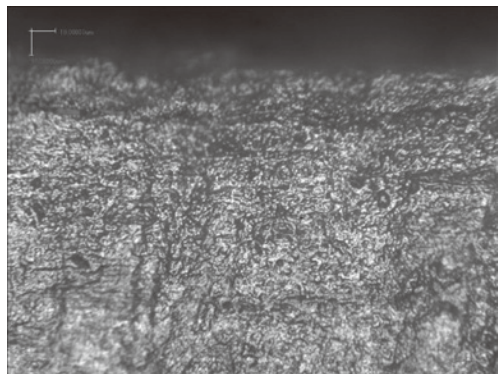
4 砂岩、乾燥、1分・240回（100倍）

4 sando stone, dry, 1 minute, 240 st.



5 鹿角、乾燥、2分・480回（100倍）

5 antler, dry, 2 minutes, 480 st.

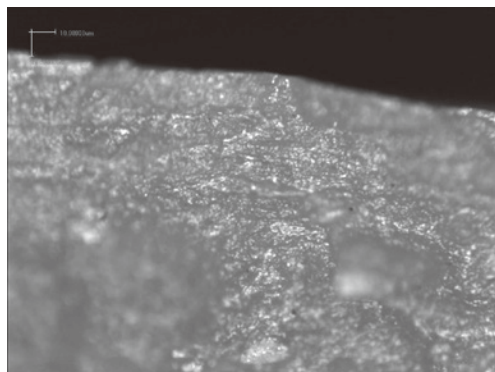


6 鹿角、乾燥、2分・480回（100倍）

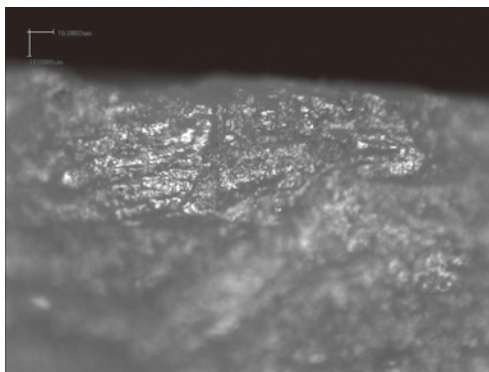
6 antler, dry, 2 minutes, 480 st.

図 12 猪骨の研磨痕（すべて 100 倍にて撮影）

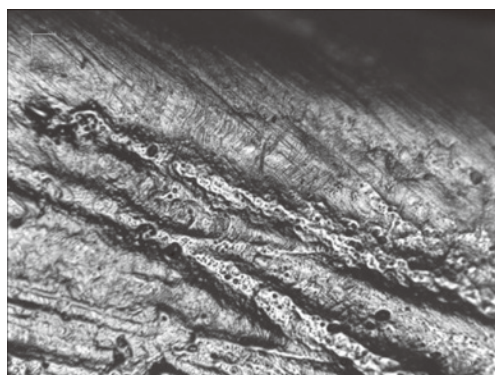
Fig. 12 polished surface of wild boar bone



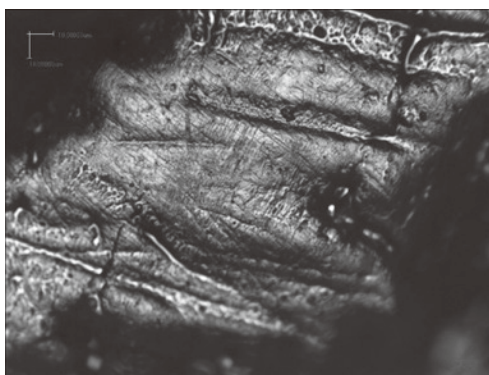
1 鹿角、潤滑、2分・600回（100倍）  
1 antler, wet, 2 minutes, 600 st.



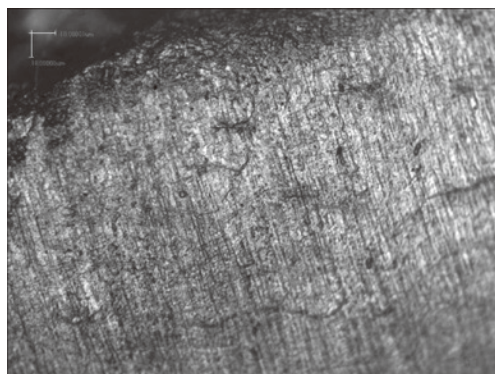
2 鹿角、潤滑、2分・600回（100倍）  
2 antler, wet, 2 minutes, 600 st.



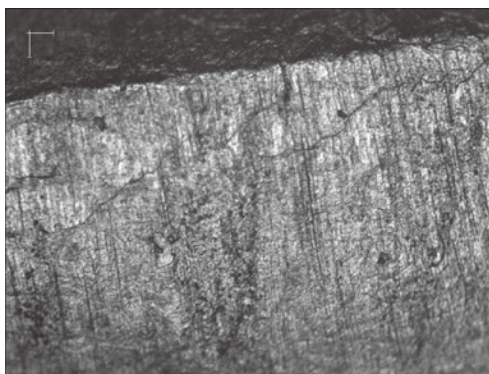
3 狸皮、乾燥、2分・300回（100倍）  
3 racoon dog hide, dry, 2 minutes, 300 st.



4 狸皮、乾燥、2分・300回（100倍）  
4 racoon dog hide, dry, 2 minutes, 300 st.

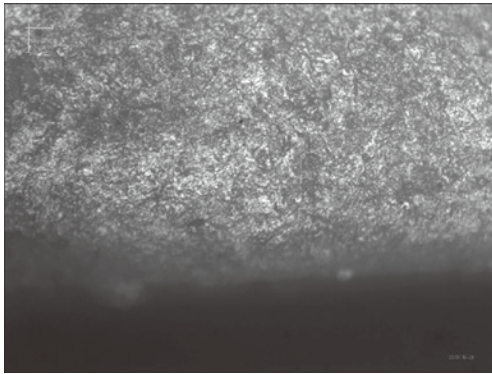


5 貝、乾燥、5分・600回（100倍）  
5 shell, dry, 5 minutes, 600 st.



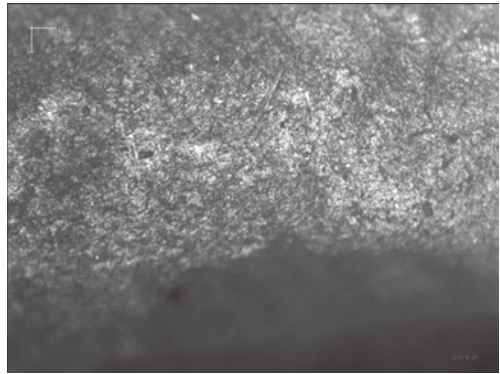
6 貝、乾燥、5分・600回（100倍）  
6 shell, dry, 5 minutes, 600 st.

図 13 猪骨の研磨痕（すべて 100 倍にて撮影）  
Fig. 13 polished surface of wild boar bone



1 貝、潤滑、5分・600回 (100倍)

1 shell, dry, 5 minutes, 600 st.



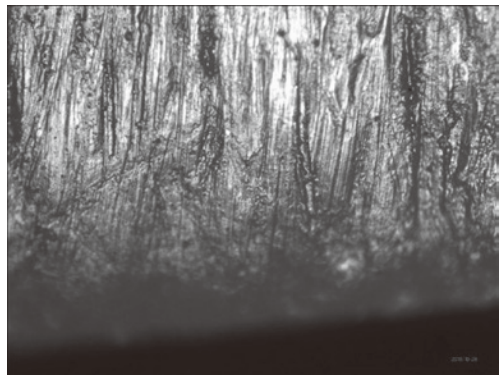
2 貝、潤滑、5分・600回 (100倍)

2 shell, dry, 5 minutes, 600 st.



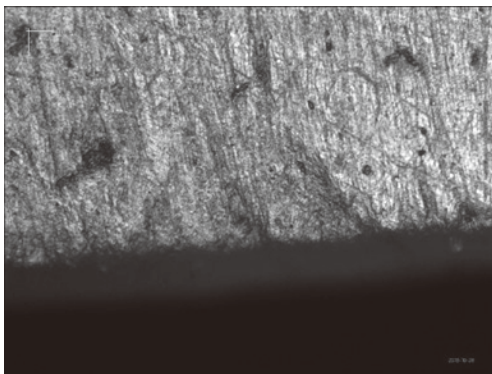
3 土器(砂)、乾燥、5分・1200回 (100倍)

3 ceramic (sand), dry, 5 minutes, 1200 st.



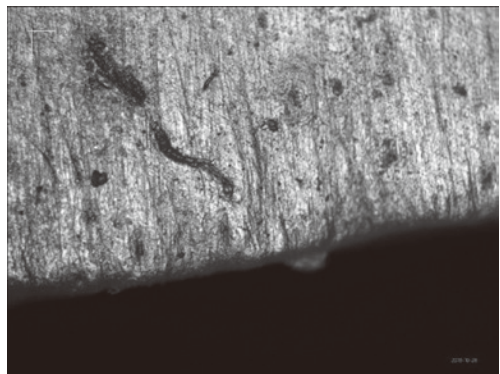
4 土器(砂)、乾燥、5分・1200回 (100倍)

4 ceramic (sand), dry, 5 minutes, 1200 st.



5 粘土、乾燥、5分・300回 (100倍)

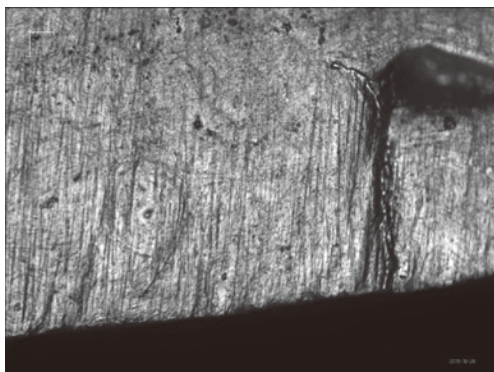
5 clay, dry, 5 minutes, 300 st.



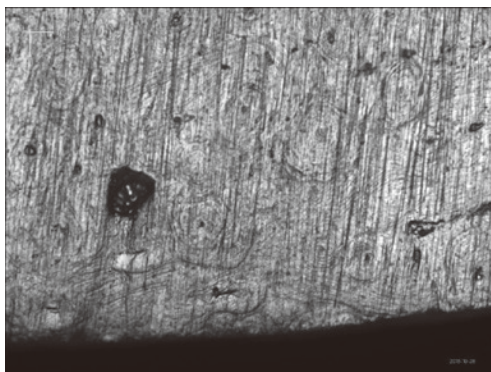
6 粘土、乾燥、5分・300回 (100倍)

6 clay, dry, 5 minutes, 300 st.

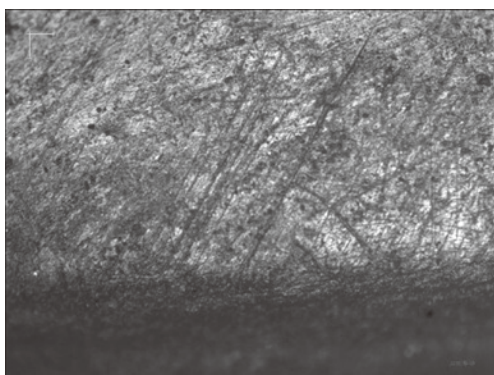
図 14 猪骨の研磨痕 (すべて 100 倍にて撮影)  
Fig. 14 polished surface of wild boar bone



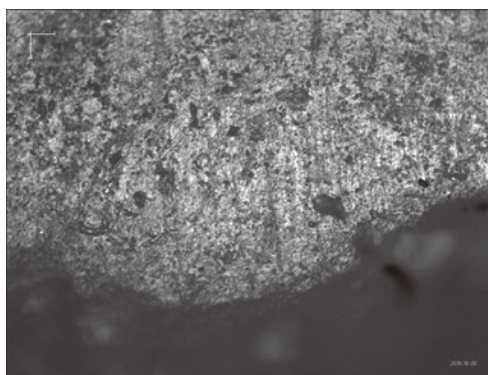
1 粘土、潤滑、5分・900回（100倍）  
1 clay, wet, 5 minutes, 900 st.



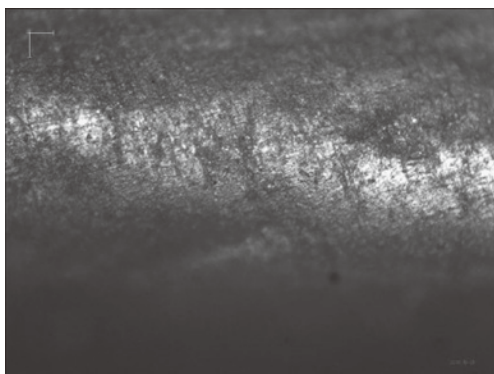
2 粘土、潤滑、5分・900回（100倍）  
2 clay, wet, 5 minutes, 900 st.



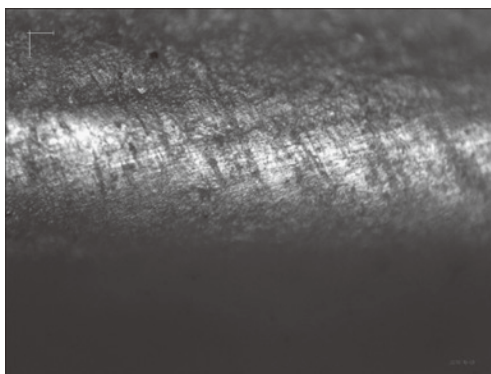
3 粘土、乾燥、5分・900回（100倍）  
3 clay, dry, 5 minutes, 900 st.



4 粘土、乾燥、5分・900回（100倍）  
4 clay, dry, 5 minutes, 900 st.

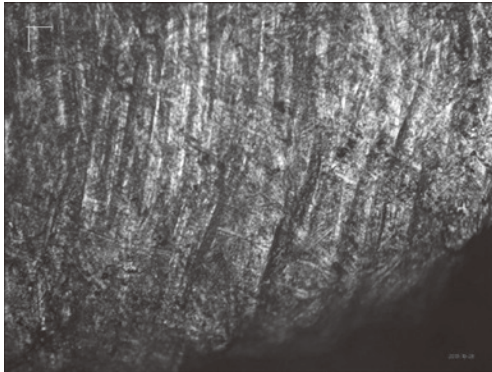


5 竹、乾燥、5分・600回（100倍）  
5 bamboo, dry, 5 minutes, 600 st.

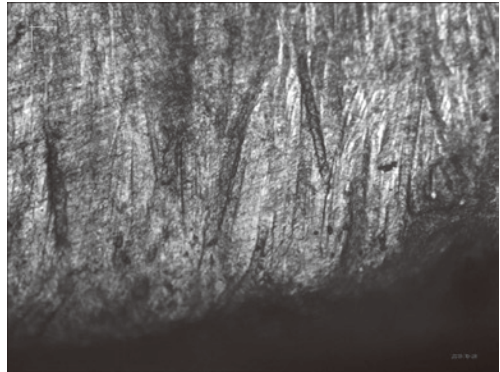


6 竹、乾燥、5分・600回（100倍）  
6 bamboo, dry, 5 minutes, 600 st.

図 15 猪骨の研磨痕（すべて 100 倍にて撮影）  
Fig. 15 polished surface of wild boar bone



1 泥岩、乾燥、5分・900回（100倍）  
1 mud stone, dry, 5 minutes, 900 st.



2 泥岩、乾燥、5分・900回（100倍）  
2 mud stone, dry, 5 minutes, 900 st.

図 16 猪骨の研磨痕（すべて 100 倍にて撮影）  
Fig. 16 polished surface of wild boar bone

線状痕が不明瞭になっている（図 11-5・6）。乾燥下よりも光沢性は強いが，不鮮明なポリッシュとなる。

葦の切断作業では，潤滑下において明瞭な使用痕が形成されない（図 12-1・2）。その理由は，切断の効果が弱く，実際には葦を切るには適していないからである。つまり，現実的には，乾いた葦を切断するのに骨角器を使うことはほとんどないと言える。

次に縁辺を黒曜石で削った後（図 12-3），鹿皮をなめした。乾燥下では，線状痕が不明瞭で，光沢性の低い，粗い表面が形成される（図 12-5・6）。幅広い線状痕が太い溝のように見える部分もある。潤滑下では，磨耗面は縮小し，線状痕も乾燥下よりも不明瞭になる。

また，砂岩で研磨した後（図 12-4）の，狸皮なめし作業では，乾燥下におい細かく浅い線状痕が生じている。縁辺の丸みがあり，素材面を残すものの，緩やかな表面変化を与えている。

乾燥下の貝削りの作業では，やや細い線状痕が並行してみられ，わずかに光沢を帯びている（図 13-5・6）。縁辺の摩滅は大きい。潤滑下では，さらに線状痕は不鮮明になる。

砂混じりの土器を押して削った場合，乾燥下では，深さと幅の異なる明瞭な平行線状痕が生じている（図 14-3・4）。光沢性も強く，明暗がくっきりしている。

砂を含まない土器を押して削る（ホイットリング）場合，乾燥下では，線状痕がやや浅く細い状況となり，縁辺摩滅もわずかながら認められる（図 14-5・6）。潤滑下で貝

を削った痕跡と類似する。同様の粘土を対象に、潤滑下で引いて削る（スクレイピング）と、やや光沢性のある類似の痕跡が生じる（図 15-1・2）。乾燥下で粘土を引いて削る作業では、やや幅狭で粗い線状痕が形成される（図 15-3・4）。縁辺の摩滅度と光沢部の分布範囲は、これまでの土器よりも小さい。

竹を削る作業の場合、乾燥下では、縁辺の丸みが強く、光沢性の強い平坦面が形成されている（図 15-5・6）。線状痕は、やや粗いが明瞭である。

乾燥下で泥岩を削る作業では、幅広で鋭い線状痕をもつ磨耗面が形成される（図 16-1・2）。その形状は、砂混じりの土器の場合とよく似ている。

こうした一連の実験を経て、猪の骨よりも硬度が高いもの（貝、鹿角、乾燥したヨシ）では、ほとんど切断などの作業が進まないことが確認された。つまり、より硬いものに対しては、刃が立たないので、現実的には使用されることが無かったのではないかと考えられる。また、骨角器の使用痕の特徴は、石器の使用痕とは必ずしも類似しないものの、共通のメカニズムで理解できる部分もある。例えば、被加工物の硬度は、骨角器の刃部の変形度に相関し、硬度の高いものほど、表面凹凸の底部にまで磨耗が侵入する傾向にある。また、硬度が高いほど平滑な磨耗面を形成する程度は、石器の場合よりも顕著である。そして、これらの使用痕が、原則的には各種の磨耗現象によって形成されると考えられ、ポリッシュの形成は磨耗説が支持される。

## 5. 応用研究へ向けて

本論では、遺物観察で確認された痕跡から、その研磨技術や使用対象を推定するための参照資料となる実験データを報告した。実験数量は十分ではないが、各種の被加工物との対応関係が推測できる程度のバリエーションをカバーしている。今後は、遺跡出土遺物研究を通じた観察に基づいて、新たな実験条件と被加工物を検討し、追加実験を実施したい。つまり、遺物研究に基づく実験研究へのフィードバックが重要であると考えている。

また、骨角器の研磨技術は、世界の先史時代や一部の歴史時代に普遍的にみられる技術である。そのため、世界中のどこの資料にも、どの時代の資料にも、時空を超えて応用できる可能性を秘めている。筆者自身、現在、日本のみならず、ロシアやエクアドルなどの様々な国をフィールドにしており、広範な時代と領域をカバーする応用研究を視



野に入れている。さらに、こうした多様な環境下で残された骨角器の表面を観察することで、経年変化や風化などの自然要因についても理解できる。この一連の実験と遺物観察を通して、骨角器の経年変化・表面劣化についても検討できる可能性がある。この風化と経年変化による表面の劣化は、本論の実験研究を遺物研究へ反映させるための最大の障害である。それを乗り越えていくことが、高い精度で研磨技術と機能を推定していくうえで避けられない道であり、着実に建設的な取り組みを続けていくしかない。本論をその第一歩と位置づけたい。

本論は、JSPS 科研費（16KK0020）の研究成果の一部である。

（謝辞）

本論を執筆するにあたり、E. Y. Girya 氏（ロシア科学アカデミー物質文化史研究所）には、2017 年夏季のフィールド・ワークショップで直接お話し、成果を本論に反映させている。また、阿子島香教授（東北大学）には、日頃から多大な御教示を受けており、本論にその指摘が反映されている。記して謝意を表したい。

## 参 考 文 献

- 阿子島香 (1983) 「ミドルレンジセオリー」『考古学論叢 I』 pp. 171-197 芹沢長介先生還暦記念論文集刊行会編, 仙台, 寧楽社
- Anderson, P. C., G. F. Korbkova, L. Longo, H. Plisson and N. Skakun (2005) Various view points on the works of S. A. Semenov, In the roots of use-wear analysis : selected papers of S. A. Semenov, edited by L. Longo and N. Skakun, *Memorie del museo Civico di storia natural di Verona, II series, Scienze dell'Umo*, 7, pp. 11-19, Verona, Comue di Velona.
- Binford, L. R (1977) General introduction. *For theory building in archaeology*, edited by L. R. Biford, pp. 1-10, New York, Academic Press.
- Christidou, R. (2008) An application of micro-wear analysis to bone experimentally worked using bronze tools. *Journal of archaeological sciences*, 35 (2008), pp. 733-751
- Cristian, E. (2009) Osseous artefacts from the Mesolithic levels of Pradestel rockshelter, (north-eastern Italy) : A morphological and techno-functional analysis. *Preistoria Alpina*, 44 (2009), pp. 1-6
- 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
- 鹿又喜隆 (2012) 「石器使用痕光沢面の形成過程に関するトライボロジーによる理解」『文化』第 75 巻第 3・4 号 pp. 125-140 東北大学文学会
- 川添和暁 (2017) 「骨角器からみた鉄器化について」『木製品からみた鉄器化の諸問題』 pp. 69-86 考古学研究会シンポジウム記録集 10
- 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, pp. 3-6 ニューサイエンス社

- 河合章行 (2013) 「製作技術からみた骨角器の伝播」『動物考古学』30, pp. 291-307 動物考古学研究会
- Kufel, B. and M. Diakowski (2008) The bone mattock from the Mesolithic site of Plawienko 31 (Pomerania, Poland). *Use-wear analysis and experimental method for determination of function and manufacturing process. 'Prehistoric Technology' 40 years later : functional studies and the Russian legacy.* (edited by L. Longo and N. Skakun) *BAR international series 1783*, pp. 359-364
- Legrand, A. (2008) Neolithic bone needles and vegetal fibers working : experimentation and use-wear analysis. *Use-wear analysis and experimental method for determination of function and manufacturing process. 'Prehistoric Technology' 40 years later : functional studies and the Russian legacy.* (edited by L. Longo and N. Skakun) *BAR international series 1783*, pp. 445-450
- 御堂島正 (2016) 「石器実験痕跡研究の構想」『小此木輝之先生古稀記念論文集 歴史と文化』 pp. 103-120 青史出版
- 小栗康寛 (2017) 「縄文時代草創期の板状有溝砥石について～現代の事例からみた一試論～」『東海石器研究』第7号 pp. 24-25 東海石器研究会
- 小野田正樹 (1976) 「所謂「矢柄研磨器」に関する一考察」『文化』第39巻第3・4号 pp. 80-96 東北大学文学会
- Semenov, S. A. (1964) *Prehistoric technology.* (Translated by M. W. Thompson) London, Cory, Adams & Mackay.
- Solana, D. C., I. G. Zugasti and I. C. Conte (2011) The use of Mollusc shells as tools by coastal human groups : the contribution of ethnographical studies to research on Mesolithic and early Neolithic technologies in Northern Spain. *Journal of anthropological research*, 67, pp. 77-102

## Traceology of Polishing Technology : Bone/antler Tools

Yoshitaka KANOMATA

Traceology basically focuses on lithic use-wear analysis in Japanese archaeology. In the other hand, manufacture and usage traces are also targets for traceological approaches in European and Russian archaeology. One of the problems for traceological analyses is to show basic data of experimentations. Especially, experimental manufacture/usage traces on bone/antler tools were not proposed sufficiently in the history of traceology. The author made replicated bone/antler tools with lithic/organic tools and understood relationship between traces and contact materials. Siliceous shale, obsidian, sandstone, iron, wild boar bone, antler and deer hide were used for polishing/scraping bone/antler tools. The photos of manufacture traces taken with metallographic microscope are presented from figs. 1 to 9. Furthermore, these tools were utilized for cutting, sawing, whittling and scraping activities. Worked materials were antler, wood, deer hide, reed, antler, racoon dog hide, shell, ceramics, bamboo and mudstone. The photographs of use-wear on bone tools are shown from figs. 10 to 16. Each trace has its own characteristics according contact materials. Basically, bright and apparent wear was formed under dry condition. In opposite, striation and polished area became un-clear in fluid film condition with water.

The experimental information must contribute to understand manufacture-usage traces on bone/antler remains in archaeological context correctly.