

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：12102

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2012～2016

課題番号：24101004

研究課題名(和文)西アジア先史時代における工芸技術の研究

研究課題名(英文)Manufacturing technology in prehistoric southwest Asia

研究代表者

三宅 裕(MIYAKE, Yutaka)

筑波大学・人文社会系・教授

研究者番号：60261749

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 17,900,000円

研究成果の概要(和文)：西アジア先史時代における工芸技術について、主にパイロテクノロジー関連資料を対象に研究を実施した。これまで実施してきた発掘調査によって得られた、フリント製石器(加熱処理)、石膏・石灰プラスター(漆喰)、土器、銅冶金術などの資料を基に、実験考古学的手法や理化学的分析手法も援用しながらそれぞれの技術的特性を明らかにするとともに、加熱加工技術という視点から相互の技術的関連性について検討・考察をおこなった。

研究成果の概要(英文)：Manufacturing technology in prehistoric southwest Asia made great advances in the period around the transition to the Neolithic. Up to that time, various artefacts had been produced by altering the shapes of raw materials through the application of physical force; as represented by stone and bone tools. However, just before the Neolithic period, a novel technology emerged that took advantage of chemical changes that were caused by the heating of raw materials. It is currently known that lime plaster was the earliest product of this new technology and that it was followed by gypsum plaster, ceramics and copper metallurgy. This innovative technology, often called pyrotechnology, became the principal manufacturing technology in the periods that followed, being extended to gold, silver and iron metallurgies and glassworks. Our research focuses on prehistoric craftsmanship, with emphasis on pyrotechnology.

研究分野：西アジア考古学

キーワード：西アジア パイロテクノロジー 土器 プラスター 銅冶金術 石器の加熱処理

## 1. 研究開始当初の背景

西アジア先史時代における工芸技術は、旧石器時代から新石器時代へと移行する頃、新たな展開をみせる。それ以前は石器製作に代表されるように、素材に物理的な力を加え、その形状を変化させることでもの作りがおこなわれてきた。250 万年以上の歴史をもつ打製石器はもちろんのこと、素材を磨くことによって成形する磨製石器や骨角器などの製作技術も基本的に同様であった。ところが、新石器時代へと移行する頃に、素材を高温で熱して化学的な変化を起こさせ、その変化を巧みに利用する新しいもの作りが始まる。新石器時代においてすでに認められるものとして、石膏や石灰プラスター（漆喰）、土器、銅冶金術（自然銅の利用）などを挙げることができる。こうした新しいもの作りのあり方はパイロテクノロジー（加熱加工技術）と呼ぶことができ、金や銀などの貴金属、ガラスや鉄などその後の工芸技術の発展への道を拓くとともに、現代の工業生産技術にまで連なる画期的な技術であったと言える。

本研究を開始した当初の状況においては、西アジア先史時代の工芸技術の研究は、素材別に個々の遺物の中で完結してしまう傾向が強く、総合的にあるいは横断的に工芸技術のあり方を検討する視点に欠けていたと言えることができる。すなわち、土器なら土器、金属器なら金属器というように、相互の技術的関連性はほとんど意識されることがなく、それぞれの製作技術は個別に扱われてきた。また、「パイロテクノロジー」という用語についても、それが学界である程度の市民権を得るようになってから 10 年ほどしかたっていないという状況にあった。

## 2. 研究の目的

人類が火を使用した証拠は、ホモ・エレクトス段階の約 150 万年前にまで遡ることが知られており、「調理仮説」に代表されるように、火の使用は人類の進化とも深く関連しているとの見解もみられる。しかし、火の熱をもの作りに利用するようになるまでには長い時間を要しており、その始まりは工芸技術にとって大きな画期であったと評価することができる。

西アジアでは、今のところ石灰石を 800°C 程度で焼成して製作される、石灰プラスターの利用がパイロテクノロジーとして最も古い資料であることが知られており、その後やや時間をおいて石膏プラスター、土器、銅冶金術（自然銅の利用）がこれに続いていく。本研究では新石器時代のパイロテクノロジーを代表するこれらの資料に加え、パイロテクノロジーの前身として評価できる石器の加熱処理も射程に含めながら、西アジア先史時代の遺跡から出土した関連資料の分析をおこない、同時代の工芸技術全般にも目を配りながら、その技術的特性を明らかにし、工芸技術の発展の過程を跡付けることで、技術

とその背後にある社会との関係を明らかにすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 実験考古学的研究

工芸技術の特性を明らかにするためには、先史時代に製作された遺物と同じ素材を用いて、復元的に遺物を製作してみる手法は有効である。フリント製石器の加熱処理について復元実験をおこない、その技術的效果を把握するとともに、加熱処理がどのような技術であるのか解明することを目指した。正確な温度と加熱処理時間のデータを得るために温度管理が容易な電気炉を用いた実験と新石器時代に実際に行われていた形に近い、焚き火による加熱処理の復元実験を共に実施し、データを収集した。

### (2) 分析科学的研究

西アジアの新石器時代の遺跡から出土した土器から薄片資料を作製し、顕微鏡による観察をおこない、土器に含まれる混和材の特定をおこなった。また、土器の胎土については粉末資料を作成し、蛍光 X 線装置を用いて科学的成分の分析をおこない、粘土の採取地の特定や時期による変遷の有無について検討した。

### (3) 考古学的データの集成・分析

これまでの考古学的調査によって西アジアの先史時代の遺跡から確認されているパイロテクノロジー関連資料やその分析結果を集成し、上記の一次資料の分析によって得られた成果とも対照させながら、共通の技術的基盤をもつこれらの資料について、主に相互の技術的関連という観点から検討をおこなった。

## 4. 研究成果

(1) これまで研究代表者らが発掘調査を実施してきたトルコ南東部のハッサンケイフ・ホユック遺跡からは、新石器時代初頭（約 11,500-11,000 年前）に年代づけられる大量のフリント製石器が出土した。その中には、淡いピンク色を呈し、表面に鈍い光沢のみられる特徴的な石器が含まれており（約 10%）、そうした石器には加熱処理が施されていることが予想された。



加熱処理の施された石器

遺跡付近から採集したフリントを対象にして加熱処理の実験をおこなった結果、加熱処理を施したフリントには色調の変化や光沢がみられるなど、実際に遺跡から出土した石器の特徴とよく一致しており、ハッサンケイフ・ホユック遺跡では一部の石器に加熱処理が施されていたことが確認された。また、加熱処理に成功したフリントは、割れやすさが劇的に向上し、容易に石刃を剥離することが可能となることも確認され、加熱処理を施す目的が石刃の剥離を容易にするためであったことも明らかになった。

電気炉を用いて様々な条件下で実験をおこなった結果、今回実験の対象とした石材で加熱処理を成功させるためには、250℃から400℃の間で、1時間以上加熱することが必要であることが明らかになった。また、加熱温度が450℃以上になるとフリントが破裂してしまうため、高温になりすぎないように注意する必要があることも確認された。さらに、250℃程度の低温で加熱する場合は、長時間（5時間程度）の加熱が必要になることや350℃、400℃で長時間（10時間以上）加熱してもフリントは破損せず、問題なく加熱処理に成功することも明らかになった。



焚火による加熱処理の実験

こうした実験考古学的研究から確認できたことは、焚き火を用いて石器の加熱処理を成功させるためには、温度が450℃を超えないように注意すればよく、あとはある程度の時間（3-5時間）石材を熾火の中に放置しておけばよいというものであった。温度が低くならないように30分から1時間おきに熾火をかき混ぜる、あるいは燃料の薪を適宜追加するなどの作業は必要になるものの、温度が高くなりすぎないように管理しさえすれば、あとは放置しておいても特に問題はおこらない。したがって、フリントの加熱処理は、一度そのノウハウを学んでしまえば、さほど難しい技術ではないと評価することができる。

遺跡から出土した遺物の中には、過加熱によって割れてしまったフリント石材も多数認められる。したがって、ハッサンケイフ・ホユック遺跡では、加熱処理によく「失敗」していたことになる。実験でも確認できたように、フリントの加熱処理はそれほど高度な

技術を必要とするものではないため、こうした失敗は技術力不足が原因であるというよりは、当時の人々が加熱処理技術を向上させることにそれほど熱心ではなかったためだと推測することができる。手間をかけて加熱処理の成功率を上げるよりも、最初から何割かの失敗を見込んだ上で、ある程度「いい加減」に加熱処理をおこなっていたと考えることができる。社会人類学においては、技術の行使は必ずしも利便性、経済性、効率性といった要因のみによって決定されるものではなく、伝統、習慣、信条、人間関係などの非技術的要因によって左右されるところが大きいことが議論されており、ハッサンケイフ・ホユック遺跡におけるフリント製石器の加熱処理も、そうした視点から説明することが必要であると思われる。

(2) 研究代表者らがこれまでに発掘調査を実施してきたトルコ南東部のサラット・ジャーミー・ヤヌ遺跡からは、土器新石器時代に帰属する3つの時期の存在が確認されている。

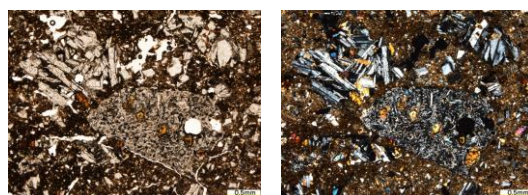


各時期の層から出土した土器からは、西アジアにおける最古期のものも含め、初期の土器製作技術を窺い知ることができ、土器の起源やその後の技術的な展開につ

いて、多くの情報を提供してくれる貴重な資料となっている。

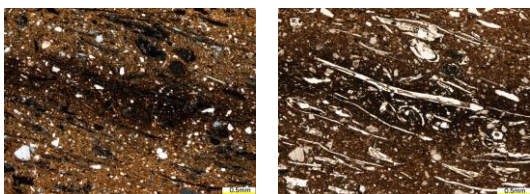
土器は粘土層から採集された土に鉱物や植物繊維などの混和材を加えることで製作される。粘土鉱物は水を吸着する性質があるため、粘土鉱物の割合が多いと土器の乾燥に時間がかかり、乾燥時の収縮が大きくなることによってひび割れなどが起きやすくなる。そこで土器を製作する際には、収縮率をなるべく少なくするため、混和材が加えられることになる。

実際、サラット・ジャーミー・ヤヌ遺跡から出土した土器にも、第1期のものからすでに混和材が添加されている。遺跡から出土した土器から薄片資料を作製し、顕微鏡による観察をおこなったところ、第1期の土器には結晶片岩、泥岩などの岩石および鉱物が大量に混和されていることが確認された。これらの岩石・鉱物粒は破碎されている様子が窺われ、意図的に添加されたものであることも明らかになった。



第1期の土器の混和材

これに対して、第2期の土器には主に細かな植物繊維が混和されるようになるという大きな変化が認められた。混和されている植物繊維は、長さ2mm以下、幅0.1mm以下と、非常に細かなものであり、土器製作者の手によって意図的に細断されたものであるとは考えにくい状況にあることが判明した。候補のひとつとして考えられるのは、動物の糞の中に含まれる植物繊維である。実際に各種の家畜の糞を集めて観察してみたところ、ウシ、ヒツジ、ヤギなどの反芻動物の糞に含まれる植物繊維とよく似ていることが確認された。どの動物種のものであるかはまだ特定できていないものの、これらの動物の骨はサラット・ジャーミー・ヤヌ遺跡から多数出土しており、すでに家畜として飼育されていたことも確認されている。この時期には燃料や土器の混和材として家畜動物の糞が積極的に利用されていた可能性が高くなったと言え、人間と動物の関係を考える上でも興味深い資料である。



第2期の土器の混和材

これに対して、後続する第3期の土器には、粗い植物繊維と粗砂が加えられていることが明らかになった。引き続き植物繊維が混和されているものの、そのあり方は第2期の土器とは異なっており、こちらは土器製作者がムギの藁などを細断したものである可能性が高いと判断された。

このように、時期ごとに土器に添加される混和材には大きな違いが認められることが明らかになったが、土器の胎土の化学的成分を分析したところでは、いずれの時期の土器も基本的には遺跡が位置している地域で製作されたものと推定できる結果が得られた。在地の土を利用したと考えられる、遺跡内の遺構から採取したサンプルと遺跡周辺から採取した粘土のサンプルを参照資料とし、出土土器のデータと比較した結果、両者の間に高い相関性が認められたからである。したがって、第2期の土器に植物繊維が混和されるようになるのは、使用された粘土の性質に合わせて混和材を変化させたとは解釈できないことになる。

サラット・ジャーミー・ヤヌ遺跡で確認された時期ごとの混和材の変化は、大枠では北メソポタミアの他の遺跡ともほぼ共通するものであり、土器が製作されるようになった初期の頃から技術的な情報がある程度の地理的範囲の中で共有されていたことを示すとともに、そうした情報を共有するネットワークがこの時代にすでに形成されていたこ

とを想定させる。

(3)パイロテクノロジーとひと口で言っても、その技術的特性には素材の物性などによる違いも認められることが明確になった。フリントの加熱処理は、450℃を超えてしまうとフリントが破裂してしまうため、高温環境を実現するよりも、過加熱にならないように注意する必要があることが改めて確認された。

これに近いものとして石膏プラスターの製造を挙げることができる。石膏プラスターは石膏の母岩や石膏分を多く含む土壌を焼成することで製造できるが、焼成温度が200℃を超えると無水石膏化が進み、プラスターの素材として利用することができなくなってしまふ。過焼成を抑制する工夫は、現代の民族例などからも確認されており、石膏プラスターの場合でも温度管理が重要であることが確認された。

また、すでに新石器時代に認められる自然銅の利用については、基本的に冷間加工（鍛造）によって成形されているものの、冷間加工によって失われた展延性を回復させるために加熱していたことが、金属組織の観察などによって確認されている。こうした技術は「焼鈍し」と呼ばれるもので、300℃程度の加熱でその効果が表れることも確認されている。自然銅の利用がすぐには製錬や铸造などの本格的な銅冶金術に結びつかなかったのも、ひとつには両者の間に技術的に大きな壁があったためと考えることもできる。フリントの加熱処理をパイロテクノロジーに含めるべきかについてはまだ議論があるものの、石膏プラスター、自然銅の焼鈍しとともに「低温のパイロテクノロジー」としてまとめて扱うことができると考えられる。

これに対して、新石器時代の土器の焼成温度は600-800℃程度であったとするデータがあり、石灰プラスターについては800℃程度で長時間焼成する必要があることが指摘されている。こうした土器や石灰プラスターは、先の低温のパイロテクノロジーに対して「高温のパイロテクノロジー」と評価することができるものである。素材の物性にある程度規定されている面があるとはいえ、その後に出現する本格的な冶金術やガラスの製作技術が高温環境の実現と深く関連していることを考えると、石灰プラスターや土器製作の際に実現されていた技術は、重要な意味を持っていたと評価することができる。



石灰プラスター片

また、石灰プラスターと土器製作の間には焼成技術以外にも技術的なつながりがあったことも明らかになってきた。石灰プラスターは建物の壁や床の上塗りに使用されることが多いが、新石器時代には塑像や容器など多様な形で利用されてきた。特に石灰プラスター製の容器は、土器に先行して出現する容器としても注目を集めている。こうした石灰プラスター製容器を対象とした成分分析では、かなりの割合で粘土も含まれていることが明らかになっており、石灰プラスターと粘土が親和性の高い素材として認識されていた可能性を考えることができるようになった。石灰プラスター製容器の復元実験では、鉱物だけを混和させて製作を試みたものの、成功させることができなかったが、その結果ともうまく整合していると評価することができる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 20 件)

- ① Maeda, Osamu. (in press) Experimental implications for flint heat treatment at Hasankeyf Höyük. In T. Pereira et al. (eds), *Raw materials exploitation in Prehistory: sourcing, processing and distribution*. Cambridge Scholars Publishing. 査読有
- ② Maeda, Osamu. (in press) Inefficient practice of flint heat treatment at Hasankeyf Höyük: an anti-functional view. *Journal of Lithic Studies*. 査読有
- ③ Odaka, Takahiro 2017 The emergence of pottery in the northern Levant: A recent view from Tell el-Kerkh. In *The Emergence of Pottery in West Asia*, 61-71. 査読無
- ④ Odaka, Takahiro 2017 Decoration of Neolithic pottery in the northern Levant: a view from the Rouj Basin. In *Painting Pots - Painting People: Late Neolithic Ceramics in Ancient Mesopotamia*, 177-185. 査読有
- ⑤ Miyake, Yutaka 2016 Tarihöncesi dönemde Hasankeyf. *Aktüel Arkeoloji Eylül-Ekim 2016*: 26-39. 査読無
- ⑥ Miyake, Yutaka 2016 Origins of pottery as technological innovation in southwest Asia. Yalçın, Ü. (ed.) *Der Anschnitt Beiheft 31, Anatolian Metal VII: Anatolia and neighbours 10.000 years ago*, 115-124. Deutschen Bergbau Museum, Bochum. 査読無
- ⑦ 小高敬寛 2015 「西アジアの初期の土器にみられる突帯-テル・エル=ケルク遺跡出土資料からの一考察-」『オリエント』58 巻 1 号 1-14 頁. 査読有

- ⑧ Miyake, Yutaka. 2013 Recent Progress in the Neolithic Investigations of the Anatolian Tigris Valley. In Y. Nishiaki, K. Kashima and M. Verhoeven (eds.), *Neolithic Archaeology in the Khabur Valley, Upper Mesopotamia and Beyond*. Berlin, ex oriente, pp.171-187. 査読有
- ⑨ Miyake, Y., O. Maeda and M. Tao 2013 Excavations at Salat Camii Yanı 2004-2008. In General Directorate of Cultural Heritage and Museums and Diyarbakır Museum (eds), *The Ilısu Dam and HEP Project Excavations: Season 2004-2008*. Ministry of Culture and Museums, General Directorate of Cultural Heritage and Museums, Diyarbakır, pp. 48-70. 査読無
- ⑩ Odaka, T. 2013 Neolithic Pottery in the Northern Levant and Its Relations to the East. In Y. Nishiaki, K. Kashima and M. Verhoeven (eds), *Neolithic Archaeology in the Khabur Valley, Upper Mesopotamia and Beyond*. Berlin, ex oriente, pp. 205-217. 査読有

[学会発表] (計 21 件)

- ① Miyake, Yutaka Sedentary hunter-gatherer community at Hasankeyf Hoyuk. Sedentism, Subsistence and Societies in Neolithic Anatolia: New insights from Hasankeyf Hoyuk. 2017 年 3 月 23 日、筑波大学 (茨城県つくば市)
- ② Maeda, Osamu The lithic assemblage from Hasankeyf Hoyuk: a continuity of the hunter-gatherer tradition. Subsistence and Societies in Neolithic Anatolia: New insights from Hasankeyf Hoyuk. 2017 年 3 月 23 日、筑波大学 (茨城県つくば市)
- ③ Maeda, Osamu Deliberately insufficient: technological practice of flint heat treatment at Neolithic Hasankeyf Hoyuk. 10th International Congress on the Archaeology of the Ancient Near East. 2017 年 4 月、Austrian Academy of Sciences, Vienna (Austria).
- ④ Miyake, Yutaka The origins of pottery in Anatolia. *Anatolian Metals VII*. 2013 年 11 月 30 日、Deutsches Bergbau Museum, Bochum (Germany)
- ⑤ 三宅 裕 「西アジアにおける銅利用の開始とその技術的展開」『アジア考古学四学会合同講演会』2013 年 1 月 27 日、明治大学 (東京都千代田区)

[その他]

アウトリーチ活動情報  
クローズアップ展示『ティグリス河流域の新石器時代』2014 年 2 月 15 日～3 月 23 日、古代オリエント博物館 (東京都豊島区)  
TBS 世界ふしぎ発見第 1297 回『人類最古の神

殿がトルコにあった！！』2013年11月23日  
放映

ホームページ等

<http://rcwasia.hass.tsukuba.ac.jp/kaken/>

[http://rcwasia.hass.tsukuba.ac.jp/scy/scy\\_jp/index.html](http://rcwasia.hass.tsukuba.ac.jp/scy/scy_jp/index.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

三宅 裕 (MIYAKE, Yutaka)

筑波大学・人文社会系・教授

研究者番号：60261749

### (2) 研究分担者

松本 建速 (MATSUMOTO, Takehaya)

東海大学・文学部・教授

研究者番号：20408058

前田 修 (MAEDA, Osamu)

筑波大学・人文社会系・助教

研究者番号：20647060

小高 敬寛 (ODAKA, Takahiro)

東京大学・総合研究博物館・特任研究員

研究者番号：70350379

### (3) 研究協力者

田尾 誠敏 (TAO, Masatoshi)

東海大学・文学部・非常勤講師

マリー・ル＝ミエール (Marie LEMIERE)

オリエント学研究所・教授、フランス

ウンサル・ヤルチュン (Unsal YALCIN)

ドイツ鉱山博物館・教授、ドイツ