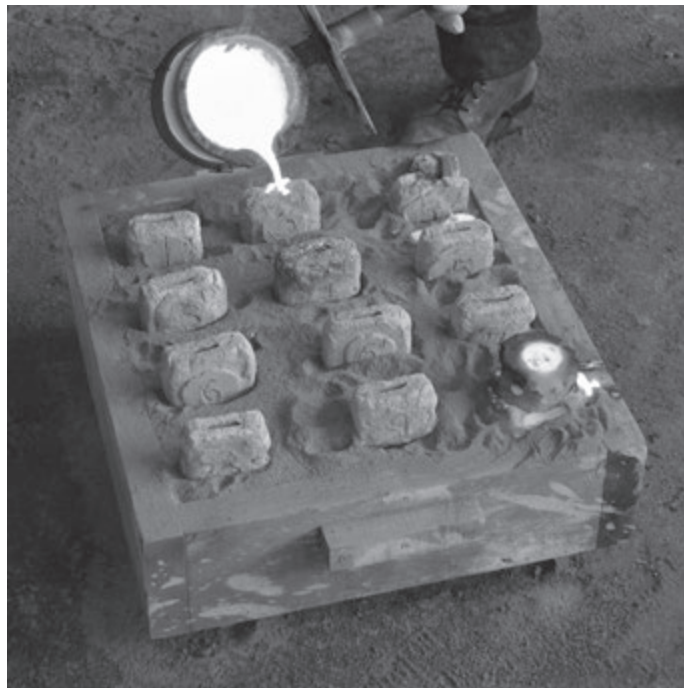


第 I 部
対照実験研究
对照实验研究



芦屋釜の里での鑄造実験

芦屋釜之乡的铸造实验

2014年3月16日

1. 楼空青銅器の製作技法解明のための対照実験 以解明楼空青铜器制作技法为目的的对照实验

丹羽崇史・新郷英弘・樋口陽介・八木孝弘

1. はじめに

殷周青銅器の製作において、原型（模）の種類や範（鋳型）の構造など、さまざまなヴァリエーションがあり、多様な製作技術に基づき生産がおこなわれていたことが明らかになっている（蘇ほか1995）。春秋戦国時代には、それまでとは異なった形態・紋様が出現するが、「曾侯乙」墓尊盤（図1）や浙川下寺2号墓出土銅禁などの楼空青銅器もその一つである。これらの製作方法に関して、楼空状部分を失蠟法、他の部分を分割範による製作と考えられてきた（華・郭1979、湯1981）。しかし、楼空状部分もふくめ全体を分割範による製作とする説（周ほか2006）、鉛の原型を用いたとする説（李1984）など、製作方法をめぐりさまざまな仮説が提示されている。さらに失蠟法によって実際に復元製作も行われている（黄2008）。さらには盤の楼空部分のパーツに残る痕跡から、失蠟法による製作の根拠と考える説も提示されている（張2007、2009）。

このように楼空青銅器の製作方法をめぐり、異なる見解が提示されているものの（丹羽2008）、これらの多くは研究者・技術者の経験則・イメージに基づき判断されてきたものであり、実際の製作技法とできあがった製品との関係を対比した研究は多くはない。筆者らはこうした状況を打開するため、「曾侯乙」尊盤の調査成果に基づき、複数の条件・方法によって同一の製品を製作する対照実験を行った。また、接合実験や鉄製小手を用いた原型の整形実験も実施した。

2. 湖北省における調査

2011年12月（丹羽）、2012年4月（丹羽・新郷）の二回に渡り、湖北省博物館所蔵の「曾侯乙」盤破片（図2）の調査を実施した。本例は発掘時に採取された盤の楼空部分のパーツで、張昌平氏は表面の「皺状痕跡」を「湯が冷却した後の状態、蠟原型が加熱後に形成された流態を反映」で失蠟法の根拠となるものとしている（張2007、2009）。調査ではこの「皺状痕跡」を確認するとともに、本例が25mm未満の非常に小形のものであることを確認した。また、「皺状痕跡」については、蠟原型へ小手を用いて整形した可能性が考えられた。さらに鑛剤の痕跡が確認できず、一体で鑄造された可能性が高いものであることを確認した。また、博物館展示室では、「曾侯乙」墓盤をガラスケース越しに詳細に観察した。

随州市では、黄金洲氏を訪問し、氏の製作された「曾侯乙」尊盤複製品や楼空部分の蠟原型（図3）を実見した。

3. 対照実験

調査の成果を踏まえ、また数回にわたる実験内容の協議を経て、2013年3月16・17日に第1回実験、2014年3月15・16日に第2回実験を芦屋釜の里にて実施した。

(1) 第1回実験

①原型溶解・鑄造実験

原型の種類に違いを設け、同一形状の製品を製作する実験を行った。実験では以下のような形状の原型から範を製作し、実験鑄造を実施した。実験では安全上の理由から、金属原型は鉛ではなく錫を用いた。使用合金は、銅80、錫15、鉛5%である。

1) 板状テストピース 幅50mm、高さ60mm、厚さ5mm（図4）

- ・石膏原型（分割範）
- ・錫原型（非分割範）
- ・蜜蠟原型（非分割範）

2) らせん線状テストピース（幅2mm）（図5）

- ・錫原型（非分割範）

- ・蜜蝋原型（非分割範）
- ・マイクロワックス原型（非分割範）

②原型への小手あて実験

「曾侯乙」盤破片に見られた「皺状痕跡」を再現するため、火で熱した小手を用いて以下のような種類の原型（幅2mmの小形棒状品）を整形し、「皺状痕跡」を再現する実験をおこなった。

- 1) 蜜蝋原型
- 2) マイクロワックス原型
- 3) 錫原型

③接合の対照実験

「曾侯乙」盤の樓空部分と同じ幅（2mm）の棒状製品を複数の方法で接合する対照実験を実施した。

- 1) 一体鋳造
- 2) 先鋳（先に鋳造した部分を範に込め、残りの部分を鋳造して接合する方法）
- 3) 鑢付け（銲接）

結果

①については、錫原型でも溶解・鋳造を行うことができた（図7）。板状テストピースは分割箇所以外にも「線状痕跡」が形成された（図6）。また、らせん線状テストピースは太さや表面の状態に若干の差異が生じる結果となった（図8）。分割箇所による試料は、製品表面に「線状痕跡」が形成されやすいことなど、範の構造と原型の素材は、製品表面の状態と一定の関連がみられた。

②については、わずかな加熱による小手の押圧で蜜蝋・マイクロワックスの原型に「皺状痕跡」を整形することができたが、錫原型では困難であった。実験鋳造した試料も、「曾侯乙」盤の破片に残る痕跡と類似した「皺状痕跡」を再現できた（図9）。ただし、「曾侯乙」盤例よりも、表面の凹凸が著しい点など若干形状が異なる。

③については、鑢付けは明らかな鑢剤の痕跡が残ったが、一体鋳造と先鋳は鋳造後に違いが分かりにくい。

（2）第2回実験

①範製作・鋳造実験

前回と同一の条件で板状テストピース製作を行い、結果を再検証したほか、よりヴァリエーションを持たせた実験を行った。合金比率は、第一回実験と同じ銅80%、錫15%、鉛5%である。

今回の実験では範の構造とともに、範表面に意図的に線状刻み目（凹線）を設け、できあがる製品の表面状態に差異が生じるかを検証した。

製作試料：板状テストピース 幅50mm、高さ60mm、厚さ5mm（図10）

- | | |
|-------------------|----------------------|
| 1. 蜜蝋原型・分割範（線状刻み） | 2. 蜜蝋原型・分割範 |
| 3. 蜜蝋原型・非分割範 | 4. 蜜蝋原型（線状突起つき）・非分割範 |
| 5. 錫原型・分割範（線状刻み） | 6. 錫原型・分割範 |
| 7. 錫原型・非分割範 | 8. 錫原型（線状突起つき）・非分割範 |
| 9. 土製原型・分割範（線状刻み） | 10. 土製原型・分割範 |
| 11. 木製原型・分割範 | |

※3、7は2点製作し、1点は範のまま保存。11点のうち3は鋳造時に損壊した。

②棒状蜜蝋原型への小手あて実験

「曾侯乙」盤例により類似した「皺状痕跡」を再現するため、整形に用いる小手の温度を調整し、実験を行った。

結果

①では、錫原型の製品は前回と同様な鋳肌となったが、土製原型のものはやや粗い鋳肌となり、木製原型のものは木目

が確認できる。このように原型の質感が製品に顕著に反映される結果となった。また、線状刻みや突起の有無によって製品に大きな差異は認められない（図 11）。

②では、先端面を扁平に加工し、沸騰した熱湯に浸した小手を曲がった状態の蜜蝋原型に軽く押し当てることにより、「曾侯乙」盤破片の「皺状痕跡」により近いものを整形することができた（図 12・13）。

4. まとめ

本報告では、湖北省における調査に基づき、対照実験を行った。原型素材と范の構造によりヴァリエーションを持たせた対照実験を実施した。その結果、錫原型による溶解、鑄造が可能であることを確認したほか、蠟原型の小手当てによる「皺状痕跡」の整形も行うことができた。原型・范をはじめとした複数の要因が、製品に残る痕跡に影響を与えている可能性が窺われた。線状刻みや突起の影響は確認できなかったが、形態や手法を変え、再度実験を試みる必要もある。小手あてについては、原型以外にも小手の温度調整が成形上、重要であると考えられる。

引用文献

- 江村治樹 2000 『春秋戦国秦漢時代出土文字資料の研究』 汲古書院
- 丹羽崇史 2008 「中国における失蠟法の出現をめぐる学史的検討 - 東アジアにおける失蠟法の出現と展開に関する研究序説 (1) -」 『FUSUS』 1
- 華覚明・郭德維 1979 『曾侯乙墓青銅器群鑄鋳技術与失蜡法』 『文物』 1979 - 7
- 黄金洲 2008 「曾侯乙尊盤採用失蜡法工藝鑄造毋庸置疑一与《中国青銅時代不存在失蜡法鑄造工藝》討論」 『江漢考古』 2008 - 4
- 李志偉 1984 「曾侯乙墓編鐘及尊，尊座鑄造方法新探 - 兼論先秦青銅鑄造工藝」 『楚史論叢』 初集 湖北人民出版社
- 蘇榮譽・華覚明・李克敏・盧本珊 1995 『中国上古金属技術』 山東科技出版社
- 湯文興 1981 『浙川下寺一号墓青銅器的鑄造技術』 『考古』 1981 - 2
- 張昌平 2007 「關於曾侯乙尊盤是否採用失蜡法鑄造争論的述評」 『江漢考古』 2007 - 4
- 張昌平 2009 『曾國青銅器研究』 文物出版社
- 周衛榮・董亜巍・万全文・王昌燧 2006 「中国青銅時代不存在失蜡法鑄造工藝」 『江漢考古』 2006 - 2

1. 前言

现已明确，商周青銅器在模的种类与范（铸型）的结构等方面存在多种变化，其生产基于技术的多样化进行（苏等 1995）。在春秋战国时期的青銅器之中，出现了不同于以往的形态和纹饰，“曾侯乙”尊盤（图 1）与浙川下寺 2 号墓出土銅禁等镂空青銅器便是其中的代表。关于这些青銅器的制作方法，有研究认为其镂空状部分由失蜡法制作、其他部分为分割范鑄造制作（华、郭 1979，汤 1981）。不过，关于制作方法，还有其他研究者提出的包括镂空部分在内的整体均由分割范制作（周等 2006）、或使用铅模进行制作（李 1984）等假说。此外，有研究者运用失蜡法实际进行了复原制作（黄 2008），还有研究者指出青銅盤镂空部分部件上残存的痕迹应为该盘由失蜡法制作而成的证据（张 2007、2009）。

如此，关于镂空青銅器的制作方法虽然存在多种不同见解（丹羽 2008），但其中大多是依据研究者、技术人员的经验或印象进行判断而得出的结论，运用实验手段制作青銅制品并将其进行对比的研究则较为少见。因此，笔者等人基于“曾侯乙”尊盤的调查结果进行了采用多种条件、方法来制作同一青銅制品的对照实验。此外，还进行了接合实验以及使用铁制小压勺对模进行加工的成形实验。

2. 在湖北省的调查

笔者等人于2011年12月(丹羽)、2012年4月(丹羽、新乡)先后两次对湖北省博物馆收藏的“曾侯乙”盨兽形饰件残片(图2)进行调查。该残片为发掘时采集的青铜盨镂空部分的部件,张昌平先生认为其表面的“皴状痕迹”(即“这些褶皱”)“应当是较稠浓的流体冷却的形态,它或者反映的是蜡模加热后形成的流态”,并以此作为该器物由失蜡法制作而成的直接证据(张2007,2009)。调查确认了该“皴状痕迹”,同时也判明本例为尺寸小于25mm的微型部件。关于该“皴状痕迹”,笔者认为其有可能是使用压勺修整蜡模形状时的残留。并且由于焊接的存在无法确认,所以笔者认为兽形饰件残片整体铸造的可能性的确很高。另外,笔者在湖北省博物馆展厅详细观察了“曾侯乙”尊盨,并到随州市拜访了黄金洲先生,亲眼看到了他制作的“曾侯乙”尊盨复制品以及镂空部分的蜡模(图3)(黄2008)。

3. 对照实验

根据调查结果,并经过对实验内容的多次商议,笔者等人在芦屋釜之乡于2013年3月16~17日进行了第一次实验,2014年3月15~16日进行了第二次实验。

(1) 第一次实验

①熔模和铸造实验

实验采用不同种类的模,制作同一形态的制品,使用以下形状的模制范,进行了实验铸造。为确保实验的安全性,金属模原料使用锡而非铅,合金比例为铜80%、锡15%、铅5%。

1) 板状实验样品(宽50mm,高60mm,厚5mm)(图4)

- 锡模(整体范(未分割范))
- 蜂蜡模(整体范)
- 石膏模(分割范)

2) 螺旋线状实验样品(宽2mm)(图5)

- 锡模(整体范)
- 蜂蜡模(整体范)
- 微晶蜡模(整体范)

②使用压勺修整模的实验

为了再现“曾侯乙”盨兽形饰件残片上的“皴状痕迹”,实验使用火加热过的铁制小压勺(工具)修整以下各类模(宽2mm的小型棒状物)的形状,再现“皴状痕迹”。

- 1) 蜂蜡模
- 2) 微晶蜡模
- 3) 锡模

③关于接合方法的对照实验

使用多种方法接合与“曾侯乙”盨镂空部分宽度相同(2mm)的棒状制品,进行对照实验。

- 1) 浑铸
- 2) 先铸
- 3) 焊接

实验结果

①熔模和铸造实验表明:一,锡模也能够熔化并用于铸造(图7);二,板状实验样品在范的分割处以外也有“线状痕迹”形成(图6),螺旋线状实验样品则在粗细、表面状态等方面产生了若干差异(图8)。由此可见,分割范结构制品的表面易产生所谓的“线状痕迹”等变化,范的结构、模的质地与制品表面状态存在一定的关联。

在②模的修整实验中,笔者发现,使用略经加热的小压勺按压可以使蜂蜡模、微晶蜡模表面形成“皴状痕迹”,但在使用锡模时这一点难以做到。而且在实验铸造的样品中也可以看到与“曾侯乙”盨残片上类似的“皴状痕迹”(图9)。不过,

这种痕迹与见于“曾侯乙”盘的痕迹相比形状略有不同，比如表面存在凹凸分明的点等。

关于③接合方法，在焊接实验中，焊料留下了清晰的痕迹，但在浑铸和先铸这两项实验中，也存在铸造后无法分辨的情况。

（2）第二次实验

①制模和铸造实验

第二次实验除了采用与之前相同的条件制作板状实验样品并验证其结果之外，还增加了实验的变量。合金比例与第一次实验相同，为铜 80%，锡 15%，铅 5%。

在本次实验中，根据范结构的差异，在其中一些分割范的表面有意识地设置了线状刻痕（凹线），以此验证实验制品的表面状态是否存在差异。

制作样品：板状实验样品（宽 50mm，高 60mm，厚 5mm）（图 10）

1. 蜂蜡模、分割范（线状刻痕）
2. 蜂蜡模、分割范
3. 蜂蜡模、整体范
4. 蜂蜡模（附有线状突起）、整体范
5. 锡模、分割范（线状刻痕）
6. 锡模、分割范
7. 锡模、整体范
8. 锡模（附有线状突起）、整体范
9. 泥模、分割范（线状刻痕）
10. 泥模、分割范
11. 木模、分割范（线状刻痕）

※“3”和“7”各制作两件，其中各有一件未经铸造。这 11 件范之中只有“3”浇铸时损坏。

②使用压勺修整模的实验

为了制出与“曾侯乙”盘兽形饰件更为相似的“皴状痕迹”，我们调节了用于修整形状的小压勺的温度，进行了实验。

实验结果

在①中，锡模制品的表面情况与第一次实验结果相同，但泥模的制品表面略显粗糙，木模制品表面出现了木纹。由此可见，模的质地能够显著地反映在制品上。此外，是否有线状刻痕与突起并未对制品产生很明显的影响（图 11）。

在②中，我们将顶端平面加工为扁平状，用浸过沸水的小压勺轻触熔融状态下的蜂蜡模，出现了与“曾侯乙”盘残片“皴状痕迹”更为相近的形状（图 12、13）。

4、总结

本报告是笔者等人基于湖北省的实地调查并进行对照实验的研究成果。该对照实验通过对模的材料与范的结构进行多种组合而使制品产生变化。结果表明，可通过熔化锡模来进行铸造，可使用压勺触碰熔融状态下的蜡模使其表面形成“皴状痕迹”。由此可见，通过调整以模、范为代表的多种变量，制品表面留下的痕迹也有可能产生相应的变化。但是，目前尚无法确认线状刻痕与突起带来的影响，还需要改变其形状与操作方法再次实验。另外，在使用小压勺按压蜡模时，除了模本身，小压勺的温度也是影响纹饰成形的重要因素之一。

引用文献

华觉明、郭德维 1979：《曾侯乙墓青铜器群铸焊技术与失蜡法》，《文物》1979-7。

黄金洲 2008：《曾侯乙尊盘采用失蜡法工艺铸造毋庸置疑——与《中国青铜时代不存在失蜡法铸造工艺》讨论》，《江汉考古》2008-4。

李志伟 1984：《曾侯乙墓编钟及尊、尊座铸造方法新探－兼论先秦青铜铸造工艺》，《楚史论丛》初集，湖北人民出版社。

苏荣誉、华觉明、李克敏、卢本珊 1995：《中国上古金属技术》，山东科技出版社。

汤文兴 1981：《浙川下寺一号墓青铜器的铸造技术》，《考古》1981-2。

张昌平 2007：《关于曾侯乙尊盘是否采用失蜡法铸造争论的述评》，《江汉考古》2007-4。

张昌平 2009：《曾国青铜器研究》，文物出版社。

周卫荣、董亚巍、万全文、王昌燧 2006：《中国青铜时代不存在失蜡法铸造工艺》，《江汉考古》2006-2。

江村治樹 2000：《春秋戦国秦漢時代出土文字資料の研究》，汲古書院。

丹羽崇史 2008：《中国における失蠟法の出現をめぐる学史的検討－東アジアにおける失蠟法の出現と展開に関する研究序説（1）－》，《FUSUS》1（中文版：丹羽崇史（陈洪译）2017：《关于中国失蜡法出现之学史讨论—关于东亚地区失蜡法出现与发展之研究序论（1）》，《三代考古》7）。

【初出／初刊】

丹羽崇史、新郷英弘、八木孝弘、樋口陽介 2013「中国青銅器の製作技法解明のための対照実験（1）」『亜細亜鑄造技術史学会研究発表資料集』7

丹羽崇史、新郷英弘、樋口陽介、八木孝弘 2014「中国青銅器の製作技法解明のための対照実験（2）」『アジア鑄造技術史学会研究発表概要集』8

（唐丽薇 译）



图1 「曾侯乙」尊盘(湖北省博物館所蔵)
图1 “曾侯乙”尊盘(湖北省博物館藏品)



图2 「曾侯乙」盤獸形飾破片(張2007)
图2 “曾侯乙”盤獸形飾件殘片(張2007)

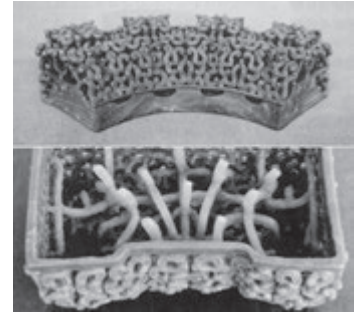


图3 黄金洲氏製作「曾侯乙」盤
鏤空部分の蠟原型(黄2008)
图3 黄金洲制作的“曾侯乙”盤
鏤空部分的蜡模(黄2008)

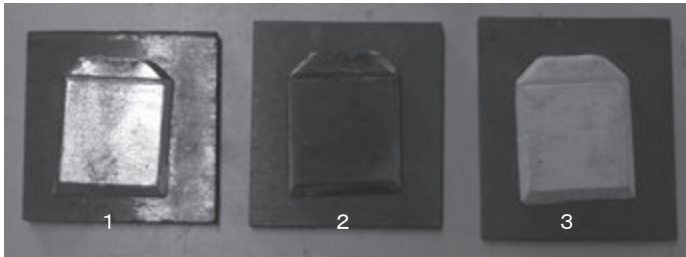


图4 第1回実験 板状テストピース(原型)
1. 錫原型(非分割範) 2. 蜜蠟原型(非分割範) 3. 石膏原型(分割範)

图4 第一次实验 板状实验样品(模)
1. 锡模(整体范)、2. 蜂蜡模(整体范)、3. 石膏模(分割范)
丹羽撮影/丹羽拍摄

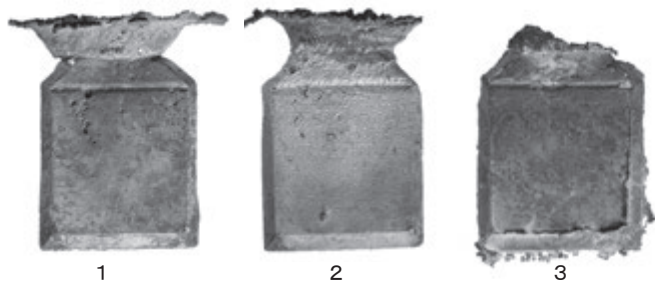


图6 第1回実験 板状テストピース(铸造後)

图6 第一次实验 板状实验样品(铸造后)
奈文研写真室撮影/奈文研摄影技术室拍摄



图7 第1回実験 錫原型の溶解

图7 第一次实验 熔化锡模
丹羽撮影/丹羽拍摄



图9 第1回実験 「皺状痕跡」の再現実験品
图9 第一次实验 重现“皱状痕迹”的实验样品
奈文研写真室撮影/奈文研摄影技术室拍摄



图5 第1回実験 らせんテストピース(原型)
1. 蜜蠟原型(非分割範) 2. 錫原型(非分割範)、
3. マイクロワックス原型(非分割範)

图5 第一次实验 螺旋线状实验样品(模)
1. 蜂蜡模(整体范)、2. 锡模(整体范)
3. 微晶蜡模(整体范)
丹羽撮影/丹羽拍摄

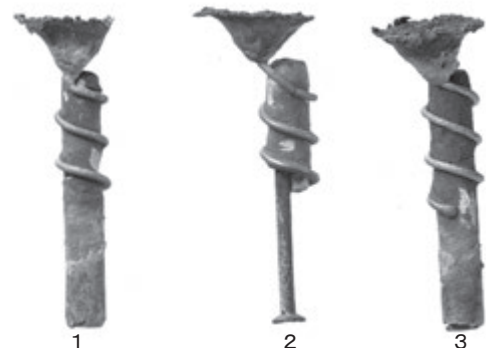


图8 第1回実験 らせんテストピース(铸造後)

图8 第一次实验 螺旋线状实验样品(铸造后)
奈文研写真室撮影/奈文研摄影技术室拍摄

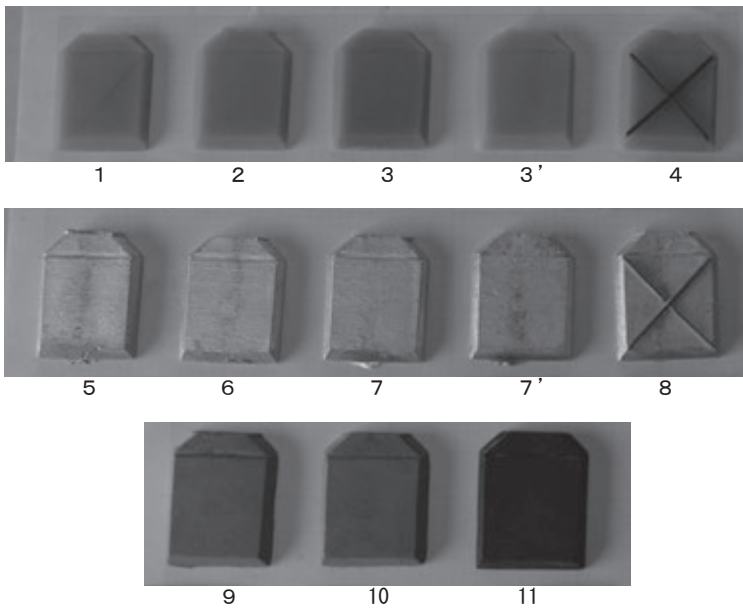


图 10 第 2 回実験 板状テストピース (原型)

1. 蜜蝋原型・分割范 (線状刻み)
2. 蜜蝋原型・分割范
3. 蜜蝋原型・非分割范
4. 蜜蝋原型 (線状突起つき)・非分割范
5. 錫原型・分割范 (線状刻み)
6. 錫原型・分割范
7. 錫原型・非分割范
8. 錫原型 (線状突起つき)・非分割范
9. 土製原型・分割范 (線状刻み)
10. 土製原型・分割范
11. 木製原型・分割范

图 10 第二次实验 板状实验样品 (模)

1. 蜂蜡模、分割范 (线状刻痕)
2. 蜂蜡模、分范
3. 蜂蜡模、整体范
4. 蜂蜡模 (附有线状突起)、整体范
5. 锡模、分割范 (线状刻痕)
6. 锡模、分割范
7. 锡模、整体范
8. 锡模 (附有线状突起)、整体范
9. 泥模、分割范 (线状刻痕)
10. 泥模、分割范
11. 木模、分割范

丹羽撮影 / 丹羽拍摄



图 12 第 2 回実験

蜜蝋原型への小手あて

图 12 第二次实验

用小压勺轻触熔融状态下的蜂蜡模

丹羽撮影 / 丹羽拍摄

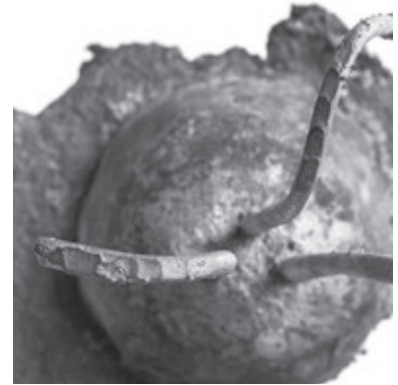


图 13 第 2 回実験

「皺状痕跡」の再現実験試料

图 13 第二次实验

重现“皱状痕迹”的实验样品

奈文研写真室撮影 / 奈文研摄影技术室拍摄

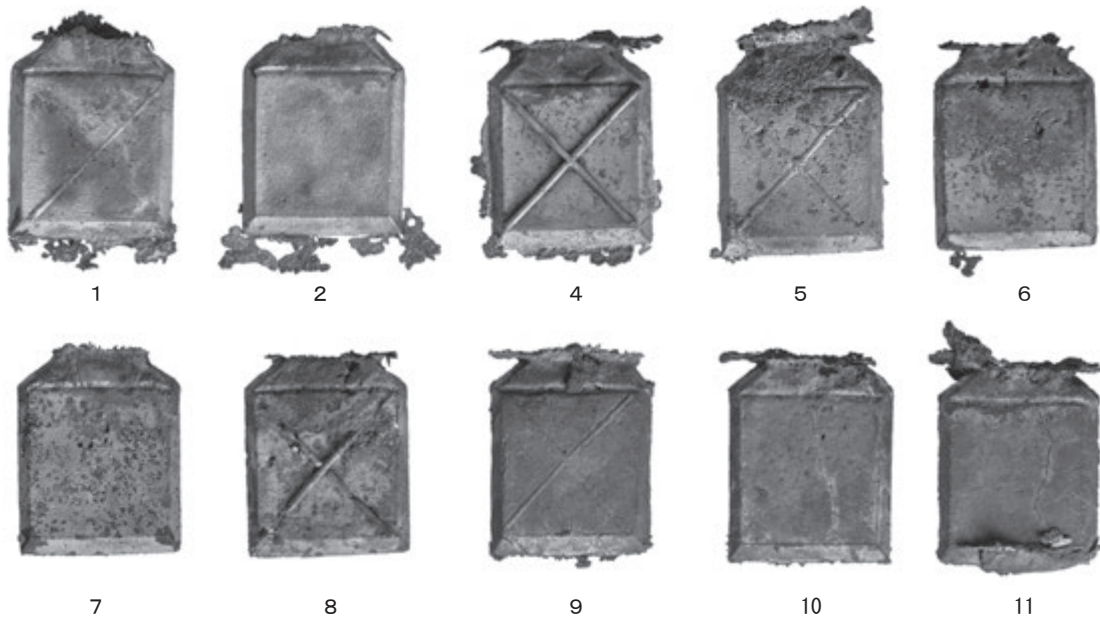


图 11 第 2 回実験 板状テストピース (鑄造後)

图 11 第二次实验 板状实验样品 (鑄造后)

奈文研写真室撮影 / 奈文研摄影技术室拍摄