

真土式蠟型鑄造における松薪窯による鑄型焼成技法

三 船 温 尚・小 堀 孝 之・清 水 克 朗・砺 波 浩 二
高岡短期大学産業工芸学科金属工芸専攻14期生*)

(平成12年6月15日受理)

要 旨

真土を用いる日本の伝統的な蠟型鑄造は、中国の春秋時代晩期に源を発し、我が国に伝播したといわれている。しかし、現在の中国では、セラミック・シエル・モールド法と呼ばれる近代的な蠟型鑄造法が主流をなし、二千数百年続いた真土式蠟型鑄造技法を中国内に探し出す事はいまや困難となっている。日本国内の真土式蠟型鑄造技法は、青銅工芸品を産地とする高岡市のほか、全国数カ所の鑄造工房などに残っているが、残念ながら減少の傾向にある。本稿は、2000年1月に高岡短期大学鑄造場でおこなった金属工芸専攻14期生19名の蠟型鑄造実習の中の、松薪窯による鑄型焼成技法の詳細を報告し、東アジアに伝わる真土式蠟型鑄造技法の記録を後世に残そうとするものである。

キーワード

東アジアの鑄造技法, 高岡短期大学, 金属工芸, 真土式蠟型鑄造, 松薪窯, 鑄型焼成

1. はじめに

高岡短期大学における蠟型鑄造の歴史は、第1期生が入学した1986年に始まる。同年に着任した須賀正佐教授の指導で、まず、真土(焼型鑄造に使う焼成した砂)を作る仕事に取りかかり、鑄造場の整備を進めた。須賀教授は1950年、実父である二代目須賀松園に師事し、伝統的な蠟型鑄造の技を修め、1986年に三代目松園を襲名した。そして、1991年に、高岡短期大学を退官するまでの5ヵ年の間に、真土式蠟型鑄造の基礎と幅広い応用を後進に伝え、同大学の蠟型鑄造の高い研究と教育の水準を築いた。退官年度の最後の授業では、学生が造ったあらゆる形状の複雑な蠟原型を鑄造する高度な技術を詳細に指導し、その内容を記録したビデオ映像は貴重な資料となっている。このような経緯から、高岡短期大学の蠟型鑄造技法は、高岡の地で継承されてきた須賀家の蠟型鑄造の技法が基盤となり、若干の変化を加え現在の姿に至っている。

初代の須賀松園は、東京で三代目村田整眠に師事し江戸流の蠟型技法を修得し、1907年に高岡に移り住んだ。京都流の蠟型技法を修得した竹長政吉(1806~1878年)に師事した蠟型師たちが、すでに高岡で活躍しており¹⁾、高岡にあった技法と江戸流の技法がゆっくりと混じり合い、新しい鑄物材料を取り入れながら、現在の高岡の蠟型鑄造技法に至ったものと思われる。また、1979年に発行された、二代目須賀松園作品集の冒頭で同氏は次のように述べている²⁾。「この蠟

産業工芸学科

*) 和泉昌美, 菊原千寛, 木村結希子, 倉田和美, 坂本光世, 武村聡子, 武山和正, 二宮隆之, 橋本知女, 東 良子, 藤田愛子, 船守雅恵, 三守史華, 宮口知佳, 宮崎充代, 宮武良平, 山口晶子, 柚 直美, 吉田展子

型鑄もの、東京、京都、大阪、名古屋、佐渡と各地にその土地土地のちがった技法があって盛んのようにみえたのですが、戦後ほとんど消滅して1, 2を残すだけになりました。幸い高岡の蠟型鑄ものは小さいながら従来各地で行われていた各種各様の技法が一通り残されております。」

そして、この、一通り残された従来の蠟型技法が、三代目須賀松園氏（須賀正佐教授）の指導により、高岡短期大学に継承されたのである。

蜜バチの巣から採れる蜜蠟でつくる原型が、そのままの形で鑄造される蠟型鑄造は、古くから世界各地で発達し、今日もなお工芸・美術などの場で幅広く利用されている。この蠟型は、鑄型を分割する他の鑄造技法に比べ工程が単純で理解しやすい技法ではある。しかし、大きさや鑄造肉厚の異なる40個近い数の鑄型を、一つの窯で脱蠟し（蠟原型を溶かし出し）、ムラ無く焼成し、失敗なく鑄造するには、工人たちの長い経験と高度な技術の蓄積を知らなければならず、決してたやすい技ではない。初めて蠟型鑄造を体験する学生は、伝統的で基本的な蠟型の実習を通して、先人の尊い営みを肌で感じ、私たちがその膨大な歴史に支えられていること、あるいは歴史の先端に立っていることなどを深く学ぶことになる。こうした認識が、これから幅広い分野でモノづくりに携わろうとする者にとって大切な核となり、やがて将来、新しいモノを生み出すことができるのであろう。

この、真土鑄型すなわち陶製鑄型は、砂と粘土を混ぜて固めて鑄型をつくり、それを焼いて素焼きにする方法であり、真土型鑄造法にとって鑄型の焼成は重要な工程である。粘結に使う粘土は、約180℃で自由水分が除かれ、約700℃あたりから粘土中の結晶水が除去され始める³⁾。結晶水が除去されて素焼きとなるが、この結晶水が充分除去されない状態を「ヤケマエ」と呼び、型焼きではヤケマエにならないよう細心の注意を払う。ヤケマエの鑄型に湯（溶けた金属）を流し込むと、除去されずに残った結晶水と湯が反応し、ガス（酸素ガス、水素ガス）が発生する。これにより、鑄造品に穴があいたり、鑄物の肌がきれいに鑄出されなかったり、湯が途中で止まり流れなかったりと、大きな鑄造の失敗になる。700℃になると、一瞬に結晶水が除去されるという訳ではなく、ある程度の時間と700℃以上の充分な温度が必要である。鑄型内部の湯が流れる鑄型面の結晶水を除去するには、鑄型の表面すなわち焼成窯の内部温度を850~900℃程度で、およそ10時間ほど保持しなければならない。松薪窯は、この10時間ほどの間に燃料の松薪を7~9回、窯のなかに投入する。投入直後に窯の温度は下がり、薪の炎が落ちてオキとなり再び温度は上がる。窯焚きは、空気の吸い込み口や煙の抜け口を細かく調整して、焚き出しから短時間で窯内を均一高温にし、薪投入後も安定した高温を維持することが大切である。高岡短期大学では、鑄型が焼けたかどうかを温度計を用いず、昇温にともない変化する鑄型の色を見て判断してきた。このため、鑄造結果を左右するこの色の見極めは毎回、真剣な作業となっている。そして、色が入った（焼けた）のち、窯を密封してしばらく窯の中で鑄型を蒸らし（高岡では「ムラシ」と呼ぶ。ほかに「ネラシ」などと言うが、語源など不明）、すみずみまで温度が行きわたるのを待つ。このように、多種の鑄型を一度に焼く場合、窯の部分的な昇温や保温に小回りがきく松薪窯は、きわめて有用性が高いといえる。また、松薪窯には、学生が型焼きの基本を学ぶための様々な要素が含まれており、大学での鑄造実習には有効な方法である。しかし年々、国内の鑄造工房や他の大学でも松薪を使わなくなり、灯油やガスのバーナーを用いるようになってきている。

型焼きが終わるといよいよ注湯（湯の流し込み）である。この注湯のタイミングは、鑄造の

肉厚などの条件によりひとつひとつが異なる。肉厚1ミリほどの薄い作品は鑄型内部が真っ赤な高温のうちに煮立った湯を流し込まなければならず、蒸らし後も薪をこまめに投入し鑄型の温度を高温に保ち、溶湯の十分な昇温を待って一気に窯壊しにかかる。急いで熱い鑄型を取り出し、ただちに注湯する。逆に肉厚の大きいモノは充分冷めた鑄型にゆっくりと注湯しなければならない。このような大学の実習で、2メートルを越す巨大な松薪窯の温度をコントロールし、それぞれの鑄型の注湯タイミングを的確に判断し、失敗なく鑄造するには学生と教員が心をひとつにして、無心で取り組まなければならない大きな仕事なのである。

蠟型鑄造は原型が残らないため、失敗すると二度と同じモノが作れないことから、一回勝負のようなところがある。したがって、型焼きから注湯までの勝負どころの作業は、おのずと真剣になる。そういう場をくぐり抜けなければならない蠟型鑄造の仕事や、そうしてできあがった蠟型鑄造の作品が、我々に教えてくれるものは実に多い。

これまで、鑄金分野で鑄型の焼成に関して詳しく報告した例は無い。本稿がはじめての記録になる。しかし、蠟原型づくりの技法、脱蠟・鑄造^{だつろう}方案の実例、鑄型づくりの工程など、ほかの記録も残さなければ、総合的な真土式蠟型鑄造技法の記録にはならない。したがって、本稿は、今後継続してこれらの報告をするその第一歩として、鑄型焼成の詳細を記録報告するものである。

このように、様々な分野の工芸技法・工程を記録報告することによって、相互の技術を高めることや、あるいは、それらを基盤として新しい工芸の展開をはかること、そして、我々の貴重な文化的遺産を後世に正しく伝えることなど、工芸に携わる人ひとりひとりが、こういった目的を明確に自覚しなければならない時代を、今むかえているのではないだろうか。

2. 松薪窯の特性

今回のように、大小様々な40個近い複数の鑄型をムラなく焼成し、各々の鑄型に適した温度で注湯を行うためには、窯内の適切な位置に鑄型を配置しなければならない。そのためにも、次のような松薪窯の特性を把握する必要がある。

- (1)窯の側壁、天井あるいは地面から窯内の熱が奪われ、2面の側壁から熱が奪われる窯の四隅が、最も温度の上がらない位置となる。逆に、窯中央部が最も高温を保つ。
- (2)松薪を投入すると煙を出して燃えるが、このとき窯内温度は下がり、オキになり再び上がる。
- (3)部分的に薪を投入したり、オキを集めることにより細かな温度コントロールができる。
- (4)焼成後に鑄型を取り出す場合、窯の端から壊すため、高温で注湯する鑄型は窯の端にまとめて置く。

最も重要な点は、窯内の各位置の保温の違いによる温度差と、鑄型の大きさとを考慮した型の配置である。松薪窯は薪の投入量や空気の微調整による部分的な温度コントロールが可能である反面、耐火レンガを積んだだけの壁面からは温度が逃げやすく、窯中心部の温度が上がっていても、側壁面寄りの温度はあがっていない場合がある。このため、焼けにくい大型の鑄型は窯中心部に、比較的小さく焼けやすい型は壁ぞいに配置する。色見穴のある鑄型を窯の壁沿いや四隅に配置するのも、壁沿いや、特に窯の四隅の温度が上がりにくいためである。色見穴

は、型の内部の温度が充分上がっているかを色によって判断するもので、鑄型を作る時にあらかじめ蠟でとりつけ、窯外部から色をのぞくための覗き穴である。最も温度の上がりにくい窯の隅の鑄型に色が入れば、他の型も焼けたとおおむね判断する。松薪窯に限らず、他の焼成窯も多くはこのような窯内の温度差分布を示し、方形窯は同様に四隅の温度が上がらない。焚き口の設けられている両側面は、薪投入の際の開閉があるため、特に熱が逃げやすく、そのため窯の壁面と鑄型との間に保温用のレンガ層を設けた。

鑄物の肉厚、すなわち鑄型内部の溶湯（溶けた金属）を流し込む隙間が薄いほど、鑄型が充分な熱を持ち熱いうちに注湯しなければならない。注湯のタイミングが遅れ途中で金属が固まり、全てに溶湯が流れないこともある。熱い窯は端から崩すしかなく、取り出してすぐに型に注湯できるよう、今回の場合は、(図1)の向かって右端に鑄物の肉厚が薄く、冷めやすい比較的小さい鑄型を順にまとめて配置した。

3. 窯作り工程と鑄型の窯詰め

この作業は、窯の特性を熟知し鑄造の総合的な経験が必要であり、次のような点を事前に検討したうえで、窯づくりに取りかかる。

- (1)鑄型の数、各々の大きさなどから最終的にできあがる窯の大きさ（底面積）に見当をつけ、窯を作りはじめる位置を決める。
- (2)色見をつけた鑄型を、窯のどこに配置するかあらかじめ決める。
- (3)鑄型の大小、注湯の早い遅いという2つの条件を考慮して、すべての鑄型の配置場所をおおまかに決める。

特に、(3)に関しては、(イ)小さくて遅い型 (ロ)大きくて遅い型 (ハ)大きくて早い型 (ニ)小さくて早い型 に全ての鑄型を4分類し、(ロ)と(ハ)を窯の中央部に、(イ)と(ニ)を両側の焚き口寄りに分けて配置する。焼成後、窯を壊して鑄型を取り出す順番は(ニ)→(ハ)→(ロ)→(イ)になる。高岡短期大学鑄造室の場合、図1の窯の右奥に、レンガを積み重ねて保管する場所があり、窯の右から壊したほうが都合よく、(ニ)の鑄型を窯の右に配置する。窯の左奥にコークス溶解炉があるため、鑄込みのじゃまにならない位置から窯を作り始める。従って、窯の左から(イ)→(ロ)→(ハ)→(ニ)の順番に鑄型を窯詰めする。

焼成後、窯を壊して鑄型を取り出すと、(ロ)(ハ)は大きいのですぐには冷めない。それぞれの湯口の奥の色を見て、注湯のタイミングを計る余裕がある一群である。(ニ)は小さく冷めやすいため窯壊し直前に鑄型が真っ赤に昇温していなければならず、(ニ)の下に蒸らしの間も薪をこまめに投入する。その熱で(イ)も保温される。(イ)(ロ)の下には蒸らし中は投入しない。

具体的な窯築きの方法と窯の構造は、以下の通りであり、窯の寸法や略図および鑄型の配置などは(図1)に示した。

窯は、鑄造室の一角に耐火レンガを敷きつめた平らな地面（2m×3mの広さ）の上に、数種類の大きさの耐火レンガを用いて築き上げてゆく。今回の窯は、大小40個近い数の鑄型を一度に脱蠟、焼成するため、幅150cm、長さ230cm、高さ95cmにもおよぶ大きなものとなった。

窯の構造は、燃料の炭や薪を投入する下段と、鑄型を並べる上段とに分かれる。レンガ4段を積んだ高さに直径4cmの鉄棒を渡してロストルとし、これによって下段と上段とに分けられ

る。鑄型を順番に窯詰めしながら、窯をそれにあわせて長く延ばしていく。

まず、空気孔を確保するため1段目のレンガを離して置き、その上にレンガを3段に積む。同じものをおよそ150cm離して置き、ロストルを2本渡す。この時、窯の幅が決まる。宮口①、坂本①、倉田、和泉①、坂本②、坂本③の順に第1列目の鑄型を並べる。脱蠟角度は全て湯口が下になる角度である。宮口①には色見が付き、中ほどに大きめ、外側に小さめの鑄型を置く。2列目用のロストルを1列目同様に2本渡し、菊原、吉田、宮口②、二宮、東の順に鑄型を並べる。以後、7列目まで同様に鑄型を並べる。鑄型の大きさが異なるため、ロストルの幅を変えたり、短い鉄棒を使うなどの工夫をし、鑄型間に大きな隙間ができないよう注意する。使用したロストルそれぞれの中央部に、小さめのレンガを地面から積み上げてロストルを下から支える。これは窯焚き時、高温で柔らかくなった鉄棒が、鑄型の重みを支えきれず、ロストル中央部で下向きに曲がるのを防ぐためである。

次に、窯の側面を大きめのレンガで作って行くが、薪の焚き口となる長方形の窯の二つの短辺側は、同様に2本のロストルを渡しその上に側面用のレンガを置いていく。このロストルの下が全面焚き口となる。焚き口を、窯の短辺の両側全面にするこの方法は、脱蠟時の炭、焼成時の薪などを意図通りに配置させることができ、大きな窯では効果的である。

四方の側壁が完成すれば窯の天井を次に作る。蓋用レンガを乗せるために同じく直径4cmの鉄棒を、約30cmの間隔で側壁レンガ最上部に渡していく。この時、鑄型と10cmほど離れるように鉄棒の高さを調整する。この鉄棒も高温で中央部が下に曲がるため、別の鉄棒を支柱として窯中央部に垂直に1列に立て、横に渡した鉄棒と各々十文字に太い針金で縛り固定する。用心のためこの針金を土で塗り込める。この骨組みのうえに大きめの蓋用レンガを並べる。小さい鑄型のところの天井は低くなり、全体で中央部が高く、波を打ったような形状の天井になる。屋根の四隅には主となる煙抜けの穴を設ける。また、レンガとレンガの隙間は素灰（素焼き瓦片）とベト（土間つちを水で練ってドロ状にしたもの）で開閉を調節する。脱蠟終了まではあまり塞がず、隙間を多くとり熱が窯上部にこもらないようにする。これは、蠟煮えのトラブルを防ぐためである。炭や薪の燃焼は、下段に設けた空気孔から空気を取り入れ、上の煙抜けの穴へ流れて抜けて行く構造となっている。

4. 窯焚きの方法

まず、両側の焚き口の前に薪を井の字形に8～10段の高さに組み、丸めて押し込んだ新聞紙の下方に火をつける。薪に十分に火がまわり、炎がおさまって薪自体が赤く発光する状態（熾^{オキ}と呼ぶ）になるのを待ち、焚き口より少しずつ押し込んでいく（写真1、写真2、写真3）。そのオキの上に新しい薪を置き、燃やして次のオキとし窯の奥へと火を送っていく。このような作業をおよそ30分おきにくり返し、窯の温度を迅速にあげながら、オキの量を増やしていく。火かき棒で窯全体にまんべんなくオキが広がるようになれば、その上に薪を充分つめこみ、焚き口をレンガで塞ぐ。オキの上につめた薪が次のオキになるまでは、下段の空気孔、屋根の煙抜けの穴ともほぼ全開にし、窯の下から上へ十分な空気が流れるようにする。こうすることで薪は激しく燃焼し、高温のオキを作ることができる。このようにして、煙がおさまれば薪がオキに変わったら、オキの発する熱をできるだけ窯内にいきわたらせるため、空気孔を土間つちで1cmほどの隙間まで絞り、煙抜けの穴もベトでせばめる。こうした空気の微調整によって薪を

* 焼成の不十分な鑄型を図中に (B) (C) で示す

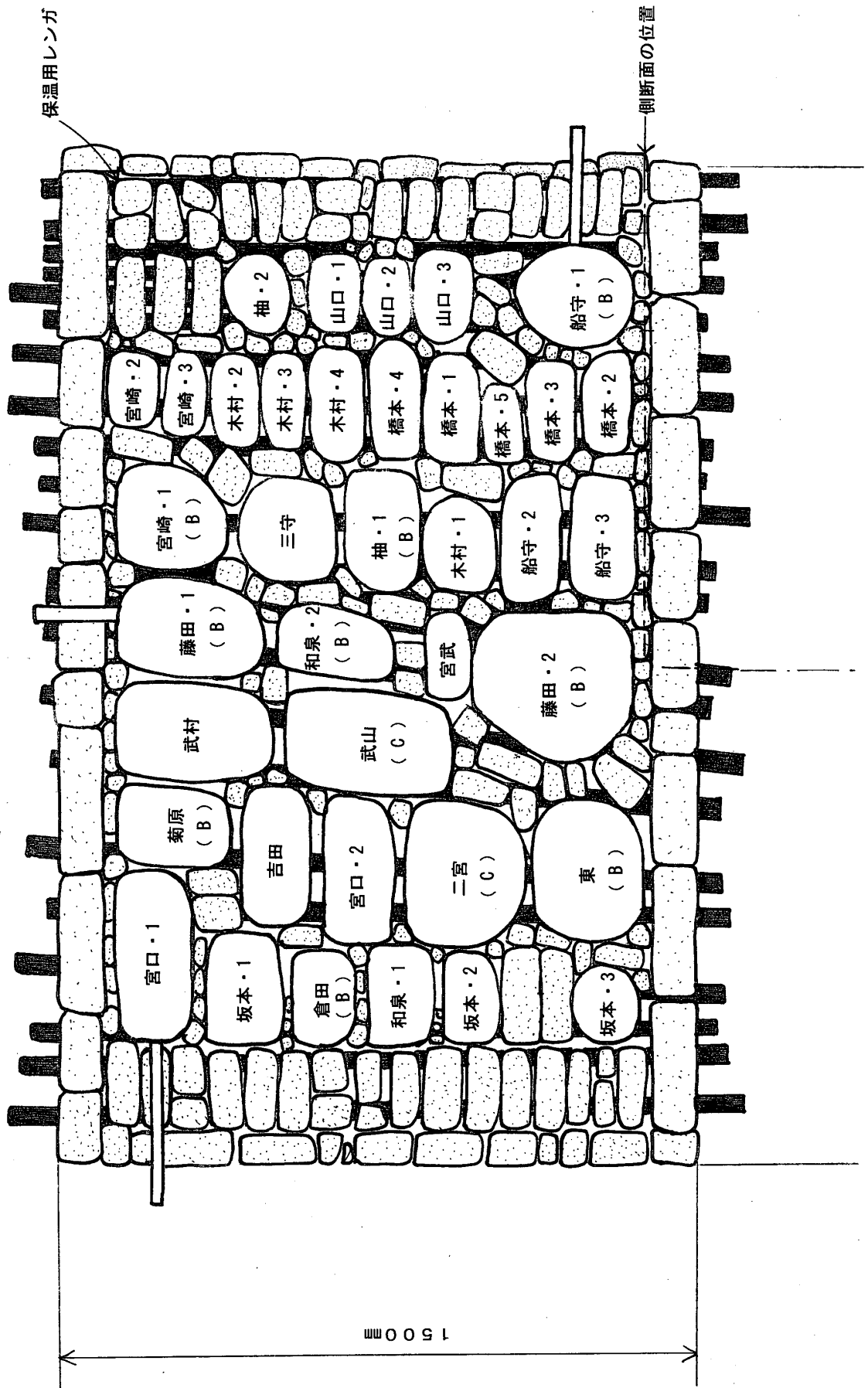


図1 窯の平断面図・鑄型の配置図

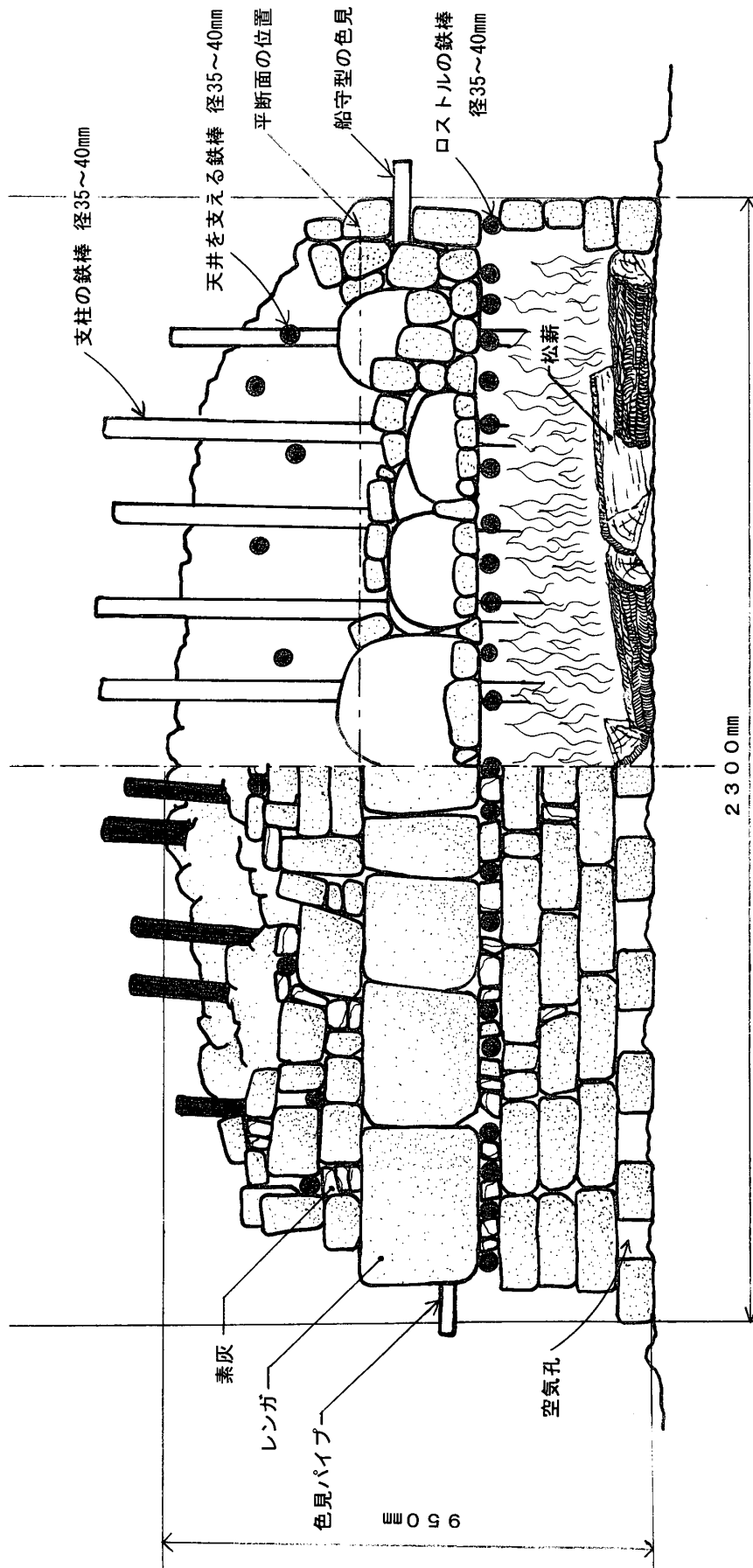


図1 窯の側面図・側断面図

効率よく熱源として用いることは、省資源の点からも重要なことであり、熱を窯の中にこもらすように焚くことが上手に鑄型を焼くコツでもある。しかし、焚き出しの初期に、空気孔や煙抜き穴を絞るすぎると、薪が燃えず、窯内温度がいつこうに上がらないことがあり、その調整は微妙である。

次の薪を投入するタイミングは、焚き口の間隙からのぞいたオキの色と窯内の昇温状態で判断する。あまり温度が上がっていない初期は、早めに薪を投入し、充分昇温、保温した後半では、オキの色が落ちて窯内温度が下がり始めるギリギリまで待ち投入する。初期を過ぎると、空気孔は薪投入直後に最大でも1cmくらいの隙間に広げ、オキになれば半分以下にまで絞る。不必要な窯外の冷たい空気の進入を防ぎ、安定した高温を保つ。薪投入後は、窯内温度はいちど下がり、オキになり再び上がる。薪投入のたびに生じる温度の下がり上がりの、下がり温度を小さくし、薪投入の間隔時間を長くする(薪投入回数を減らし、温度の下がり回数を減らす)ことが、鑄型表面から温度を中心部に向かってムラなく確実に進行させるポイントである。

窯内の温度が均一に上昇するよう、薪を投入する際、焚き口から内部をのぞきこみ、熱にかたよりのないかオキの発する光で判断し、暗いところには火かき棒でオキを寄せる(写真4)。焚き口寄りの列は特に火が弱いので、オキを手前にかき出してから薪を投入するぐらいでちょうど良い。窯の中央部は熱がこもり、側壁から熱が奪われる窯の外寄りには高温が保たれにくいので、窯の中央部にはあまり薪を入れず、側壁寄りに入れていく。最後に太めの薪をたっぷり焚き口寄りに詰め込む。

オキが燃え切らないうちに、次の薪を投入してしまうと、下層のオキが消えて2~4cmの厚さに黒く堆積することがある。一度そうなってしまうと、そのオキはなかなか燃えず、窯の外にオキを取り出して新たに薪を入れなければならない。このように、薪投入前の窯内のオキの様子を観察することは、重要な作業のひとつである。

3カ所の色見は、煙が落ちオキになってからのぞき、それぞれの昇温の不均一さを把握し、オキの寄せ方、薪の入れ方などをそれにより操作する。また、色見以外にも、煙抜き穴から全ての鑄型の色をのぞき、焼けの遅い型を探す。そういった型がある場合は、その型の真上の天井部の隙間をふさいだ素灰やベトを取り除いて煙抜き穴を開け、他の煙抜き穴をふさぐ。薪の炎が開けた穴から抜けようとその型に集まり、その炎が型を強く焼いてくれる。このように熱が全てに限無く行き渡るよう、色の観察とそれに対応した微妙な調整を多様にしなければならない。

窯内の温度が十分に上昇したら、その後は、およそ2時間に一度のペースで薪を投入し、高温を保持し全ての鑄型を十分に焼成する。この薪の投入間隔は長ければ長いほど良いが、窯が小さければ間隔は2時間より短くなる場合がある。

全ての色見穴の奥が明るいオレンジ色になれば、空気孔、煙抜き穴を塞ぎ、窯の中を蒸らす(写真5)。約1時間蒸らして、溶解炉に火をつける。溶解するまで更に1時間かかるが、この間、熱いうちに注湯する鑄型の色を隙間から観察し、冷めているようならその周辺に薪を適量投入する。少し、空気孔、その上部の煙抜き穴を開ける。この薪がオキになり鑄型温度が充分上がったとき、溶湯温度も高温になるようコークスを足すタイミングを計る。

5. 窯焚きの工程

脱蠟，焼成は本来なら1日で終了するが，今回は2日間に及んだ。学生全員が初めて体験するため，各工程の説明を加えながら進め，全ての作業において時間がかかったからである。

今回は大小様々な鑄型が40個以上もあったため，窯が大きくなり，脱蠟に2時間半程度かかった。更に，焼成は12時間以上を要した。従来，脱蠟，焼成は連続して行うものである。しかしその場合は徹夜作業あるいは終了が深夜になるため，変則ではあるが2日間に分けざるを得なかった。なお，須賀正佐氏は，脱蠟も松薪をちよろちよろ燃やして，およそ2時間ほどかけて行い，そのまま型焼きへ移行する。「湯口に薪の炎を当て，燃やし出すように脱蠟する。」と表現している。しかしこのような，微妙な薪の炎のコントロールは，経験のない学生には困難で「蠟煮え」と呼ぶ脱蠟トラブルを起こす事が多い。したがって，加熱温度のコントロールしやすい炭火を，この実習では用いている。

また，脱蠟後，焚き口で薪を積み重ね薪に火を付けたが，これは焚き出しの練習を行なうもので，本来なら，熾^{おこ}った炭の上に薪を投入すれば着火する。

主な作業に要した時間を要約すると以下の通りになる。

〈脱蠟〉……	2時間25分
〈焼成〉……	[1日目] [2日目]
	2時間30分 + 12時間30分 = 15時間
〈薪投入回数〉……	[1日目] [2日目]
	2回 + 6回 = 8回 (2日間で)
	* 2日目の6回目は「船守型」付近のみ投入した。
〈蒸らしの時間〉……	2時間30分

具体的な窯焚きの工程は，(表1)に示した。なお，表中の「色見の状態」は「船守型」「藤田型」「宮口型」の色見穴の色の変化を示している。



















表1 窯焚きの工程







2000年1月21日(金曜日)

時 間	状 況 ・ 内 容 な ど
3:00 (PM)	・七輪で炭を大量に熾す，その炭を窯の下に入れる。新しい炭をその上に置き，窯全体が均一な温度になるよう炭を熾す。〈脱蠟開始〉
3:40	・窯全体に熾った炭が行きわたる。焚き口は鉄板で簡単にふさぐ。
5:15	・窯の空気穴(天井全体)から脱蠟の煙がまだ出ている。天井には握り拳大の隙間が無数にあり，窯上部に熱がこもらない状態。
5:20	・窯の天井，側面の隙間に小さなレンガを詰め隙間を埋める。
5:25	・〈脱蠟終了〉焚き口を開き薪焚きの練習をする。
5:30	・〈*焚き口で薪に着火〉 窯の焚き口に薪を「井」の字形に(4カ所)10段積み上げ，中に新聞紙を1/2くらいの高さまで丸めて入れる。最下段の新聞紙に点火し，薪全体が十分に燃えたら，崩して，窯の下全体に押し込み広げる。

時 間	状 況 ・ 内 容 な ど
5:45	・〈*薪の投入（1回目）〉 火のついていない新しい薪を、燃えている薪の上全体にまんべんなく広げ、窯全体にオキを作る。手前の焚き口付近は、温度が上がらないため手前には太めの薪を入れる。
5:55	・ベトで窯の天井の隙間をふさぐ。窯の温度が上がれば四隅、あるいは焚き口の上部などは煙抜きのために穴を開けておく。この穴に炎が集まり、穴の下の型はよく焼かれる。
6:05	・窯の温度を上げるため、ベト・レンガで窯の煙抜きの穴をかるくふさぎ、すこし穴を絞る。
6:15	・煙が落ちオキになる。窯内の温度を保つため下部の空気孔を約半分に絞る。 (空気孔に乾いた土間砂をかけ、隙間をふさいでいく)
6:45	・〈*薪の投入（2回目）〉
6:50	・〈*焚き口の塞ぎ〉 焚き口をレンガ・ベトで塞ぎ、さらに鉄板を立てて冷たい風が入らないようにする。
8:05	・煙が落ち、オキも弱まる。窯の空気孔、煙抜きの穴を塞ぎ蒸らす。 (週末で注湯が3日後の月曜日になる。余熱はその時まで残らない。)

2000年1月24日（月曜日）

時 間	状 況 ・ 内 容 な ど									
5:05(AM)	・〈*焚き口で薪に着火〉 焚き口を開け、薪を積み着火する。空気孔（全体）、煙抜きの穴（四隅と側壁上部の数カ所）を開ける。20分ほどよく燃やし、崩しながら窯の中に薪を入れる。									
5:30	・〈*薪の投入（1回目）〉 よく火の着いた薪の上に、次の薪を重ねていき、火を奥に送って行く。									
6:25	・〈*薪の投入（2回目）〉 全体にオキが広がったら、窯の温度の上がりづらい、側壁寄りにたっぷり薪を詰め、最後に、焚き口寄りに太めの薪を詰める。温度の上がりやすい窯の中央部には余り薪を入れず、窯の温度の上からない箇所に薪を入れる。1回目の薪投入は、オキ作りのため。2回目の投入から本焼きとなる。									
6:33	・〈*焚き口の塞ぎ〉									
7:25	・〈*薪の投入（3回目）〉									
7:35	・〈*焚き口の塞ぎ〉									
8:00	<p>・薪の燃えがよくないので、窯下部の空気孔を少し、天井四隅の煙抜き穴を少し開ける。薪が勢い良く燃え出す。薪投入直後は、熱焼に必要な空気の吸い込みと、煙抜きが必要であり、オキになれば冷たい空気を必要以上に吸い込んで窯の温度を下げないよう、空気孔と煙抜き穴を絞る。こういった微妙な調整は、炎を見ながらこまめに行う。全体的には、絞り気味に熱をこもらすように薪を焚いていく。</p> <p>・色見穴の状態、色の変化を順を追って以下に記す。</p> <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>船 守</td> <td>藤 田</td> <td>宮 口</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>黒い</td> <td>黒い</td> <td>黒い</td> </tr> </table>	船 守	藤 田	宮 口				黒い	黒い	黒い
船 守	藤 田	宮 口								
										
黒い	黒い	黒い								
8:20	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>船 守</td> <td>藤 田</td> <td>宮 口</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>黒い</td> <td>赤味が出る</td> <td>中心に黒が残る</td> </tr> </table>	船 守	藤 田	宮 口				黒い	赤味が出る	中心に黒が残る
船 守	藤 田	宮 口								
										
黒い	赤味が出る	中心に黒が残る								
9:30	・〈*オキの均し〉 型の焼きムラがでないようオキを全体に均す。また、焚き口付近のオキが早く無くなるので、中央部のオキを手前にかき出す。									

時 間	状 況 ・ 内 容 な ど
3:15	・全ての型がおおむね焼けたと判断し、溶解作業を開始する。空気孔と煙抜き穴をほとんど塞ぎ、窯全体を蒸らす。
3:30	・(*オキの均し) 手前の焚き口のほうに、オキを少し寄せる。
3:45	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>船 守</p>  <p>鈍いオレンジ</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>藤 田</p>  <p>オレンジ</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>宮 口</p>  <p>オレンジ</p> </div> </div>
3:55	・隙間から、全ての型の表面の色を観察する。全体に赤く熱くなっているが、「船守型」は表面も色見の色も暗い。
4:15	・オキにムラがあったため、「船守型」周辺の一角だけ、薪を投ずる。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>船 守</p>  <p>オレンジ</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>藤 田</p>  <p>赤</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>宮 口</p>  <p>オレンジ</p> </div> </div>
4:25	・「船守型」に火が集中するよう、他の煙抜き穴を塞ぎ、「船守型」の真上に煙抜き穴を開け炎を集める。
5:30	・「船守型」側の肉厚の薄い鑄型群の表面の色どれも赤く、全て充分な高温を保っている。溶湯の温度も上がり、コークスも充分詰まっている。これらの状況を見きわめ、いよいよ窯壊しを始める。

6. 窯壊しと注湯

窯壊しから注湯までは、蠟型鑄造にとって最も重要な勝負どころである。特に、肉厚の薄い小さい鑄型が複数ある場合は、一秒を争うような気持ちで注湯するため、全員が作業の目的と内容を理解したうえで行動しなければならない。灼熱の窯から鑄型を取り出し、素早く注湯するため、鑄造場はまるで戦場のようになる。これらの一連の作業を項目別に整理すると以下の通りである。

① 溶 解

全ての色見に色が入り、窯を1時間ほど蒸らした後に、80番コークス炉に火を入れる。溶解には、約1時間半ほどかかる。ロストルの上に坩堝を置き、その上に坩堝をのせ、コークスを周りに詰めて、下から送風機で風を送り加熱する。地金は、美術用青銅と四六黄銅を3:2で溶かす。銅はおよそ70%程度になる。この授業では、肉厚の薄い作品の湯流れを配慮してこのような地金を用いる。作品によっては着色を考えて青銅だけ、黄銅だけなどを用いることもある。コークスをしっかり詰め、溶湯が充分昇温したら窯を壊す。

② 窯 壊 し

窯壊しは、溶湯の昇温状態と鑄型の保温状態を見きわめて、そのタイミングを計り行う。手際よく進めなければならないため、あらかじめ役割分担を決めておく。窯を壊す者、レンガやロストルを運ぶ者、鑄型を取り出す者、鑄型を並べて立てる者などに分かれる。実際の作業では、まず、窯の天井レンガを鉄の長いハシ(熱い鑄型などをはさむために、専用で作った道具)ではさんで壊していく(写真6)。天井レンガをハシでつかみ、地面の上に置き、それを他の人が、掴き手(わらじ)を使って端によせていく(写真7)。この時、レンガが非常

に熱くなっているのので、紙などの火の付きやすいものの近くには置かないよう注意する。天井レンガを取ると、肉厚の薄い型が見えるので、ハシではさんで取り出していく（写真8）。型を置く場所の土間砂を柔らかくし、その上に、鑄型を壊さないように掴み手で受け取って慎重に置いていく。肉厚の薄い鑄型は直ちに注湯する。天井の次は側壁を壊す（写真9）。窯を壊しながら、型を取りだしていき、型を乗せていたロストルの鉄棒も土間の外に運び出す（写真10）。ロストルは熱くなっているのので、2人で掴み手を使って運ぶ。薄くて小さい鑄型の注湯が終わると、後は余裕をもって窯壊しを進めることができる。

③ 色見のふさぎ

色見穴は、注湯の前に必ずふさぐ。まず、粘土あるいは粘土を混ぜた砂を穴に押し込み、水、埴汁（粘土汁でハジロとも言う）を筆でつけ粗土を張り付ける。

④ 鑄型おこしと冷やし

湯口の受け口が水平になるように鑄型を立てれば、その鑄型の注湯角度になるよう、鑄型作りの時にあらかじめ考慮して湯口をつくる。したがって、作者でない他者でも鑄型を間違わず立てる事ができる。湯口の奥が真っ赤なうちに注湯する鑄型は、堰下が引けて荒れることがあり、防止策として、堰、湯道部の鑄型に粗土を張り付け、その位置を冷やして注湯する。この「冷やし」は、堰のつけたなどにより異なり、全ての鑄型に付けるものではない。

⑤ 注湯方法

型が熱いうちに素早く湯を流さなければならない者は、耐熱服、耐熱手袋、防護面ヘルメットを着用し、窯壊しに加わらないで注湯の準備をする。型が窯から出されて固定されたら、溶解炉で高温に溶かした湯を、一人用の取瓶に汲み取り、藁灰を保温のため溶湯の上にかぶせ、他の型に砂ぼこりを入れないよう注意しながら運ぶ。注ぐ体勢をとり、勢いと角度を考え湯口をねらって湯を流し込む。そして、溶解炉にもどり、残った湯を埧場に返し、次の人と交代する。その間、他の者は窯を壊し、型を運び、ロストルやレンガを片づける。湯口からあふれてこぼれた金属は、固まってからボールに回収する。

⑥ 後かたづけ

全ての型に湯を注ぎ終えたら、耐熱服や掴み手に火が残り後で出火する可能性があるため、箱にしまい込まないで、土間に広げて一晩放置する。用心して、こういったものの片づけは翌朝に行う。



写真1 窯の焚き口の前に薪を積み重ねたところ



写真2 中の新聞紙に火を付け薪を燃やす

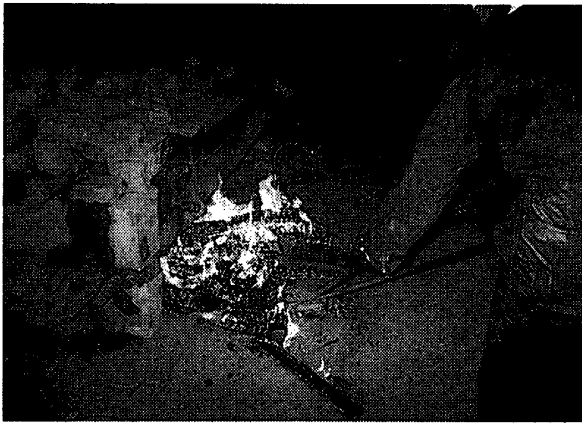


写真3 充分燃えた薪を窯の中に入れる



写真4 オキをヒカキボウで焼けの弱い型の下に寄せる



写真5 薪の煙が落ちオキになってむらしている状態

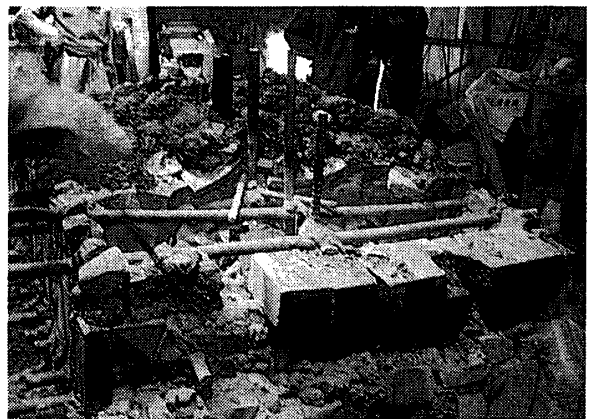


写真6 最初に注湯する鑄型の天井部分を壊し始めたところ

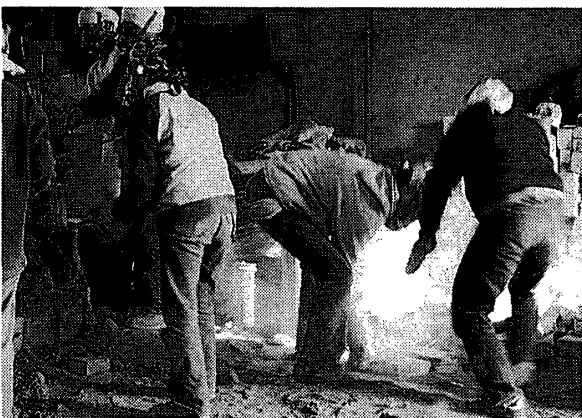


写真7 ハシでおろした焼けたレンガを掴き手で運ぶ



写真8 注湯を急ぐ型をハシで取り出す



写真9 側壁を壊して鑄型を取り出したところ

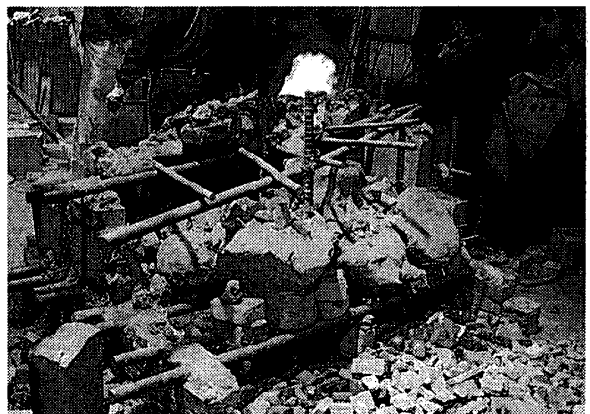


写真10 半分以上窯を壊して鑄型を取り出したところ

7. 鑄型焼成と鑄造の結果

鑄型の縦、横、奥行き寸法をそれぞれ、H、W、D (cm) で表した。鑄造の厚みは (mm) で表している。注湯の順番は、一番最初に鑄込んだグループを①とし、次ぎのグループを②、最後に鑄込んだグループを③とし、3段階に分けた。鑄型の焼け具合も、完全に焼けたものを(A)、おおむね焼けたものを(B)、焼け具合が少し甘かったものを(C)とし、これも3段階に分けた。

これらは、まとめて (表2) に示した。

(1) 注湯の順番について

1番最初に注湯を行った①のグループは、作品の模様が細かいものや、肉厚の小さいもの、複雑な形状をしたものである。鑄型内の温度が高くなければ細かな部分まで湯が流れないため、窯から取り出し型が冷めないうちに他グループより優先して注湯を行った。逆に作品の肉厚が大きくシンプルな形状のものは、湯流れ不良よりも凝固時の収縮で発生する鑄引けのトラブルが起こる可能性が高く、これを防ぐために素手で触れても熱くないほどに鑄型を冷まし、注湯しなければならない。こういったグループを③にまとめた。中間のものは②としたが、①、②、③のグループの中でもそれぞれの条件によって、注湯の順番が決まってくる。作品の一部が①、他の部分が③というように、一つの作品の肉厚に大きな差異があるものの注湯のタイミングの見きわめは難しく、多くの場合早めに注湯してしまう。あらかじめ、湯を細部まで流し込むための「釣り」(湯が流れやすいよう取り付けした細い湯道) を多めに付け、ギリギリまで待つ注湯しなければならない。また、堰下ばかりでなく、肉厚の大きい作品部分の鑄型表面にも「冷やし」をはりつけ、部分的に冷まして注湯することもある。いずれにしても、鑄造の難しい形状であり、②と③のグループに入れ状況を見ながら注湯のタイミングを決めた。

なお今回、①のグループで湯流れ不良のトラブルが発生した作品はなかった。

(2) 鑄型焼成の結果について

注湯後、型を割り出し作品を取り出す。この時、作品の鑄肌が黒色のものから緑色がかかった黄色のものまで様々である。全体が灰色・黒色のものを(A)とし、良く焼けた型と判定した。おおむね黒灰色でところどころに黄色が残っているものを中間的な(B)とし、ほぼ全体が黄色のものを(C)とし、焼けの甘いもの(不十分なもの)と判定した。焼けが充分なら、蠟原型についた指紋までも鑄出すこともできる。甘ければ鑄肌が黄色で表面がヌメリとし細かい模様が鑄出されない。鑄型の厚さに差があったり、熱の伝わり方にかたよがあれば、(B)、(C)のような結果になる。全ての型が(A)になるよう窯を焚くが、窯焚き時間の不足や、薪入れの方法の不適切や、鑄型が受ける薪の炎の不足や、窯作りの段階での型の保温に対する配慮不足などが複雑に原因して、ヤケマエの型ができてしまう。今回の(表2)の鑄型焼成結果を、(図1)の平面図の各鑄型に書き込んでみると、保温されにくい側壁寄りの型に(B)が多く発生し、中央部でも大型の2つの鑄型に(C)が発生していた。色見をつけた2つの鑄型も少し焼けが甘い結果になった。これは、窯焚き時間の不足が大きな原因と思われ、色見穴の色に惑わされず、しっかりと時間をかけて焼き込むことの大切さを、学ぶこととなった。ひとりひとりの鑄型の厚みや大きさが異なるこういった大学の実習では、不必要に窯の温度を上げるのではなく、窯の中に熱がこもるような焚き方を長時間続けることの重要性を改めて認識した。

表2 鑄型焼成の結果

番号	鑄型名称	肉厚(mm)	鑄型の寸法 (幅×奥行×高さcm)	注湯の順番 (1・2・3表記)	鑄型焼成結果 (A・B・C表記)
1	宮口・1	10~20	40×23×36	3	A
2	坂本・1	20	20×20×23	3	A
3	倉田	5~20	17×16×19	3	B
4	和泉・1	10	25×20×18	2	A
5	坂本・2	20	19×12.5×13	3	A
6	坂本・3	30	15×15×16	3	A
7	菊原	4	15×20×25	2	B
8	吉田	2~5	25×10×40	2	A
9	宮口・2	3~20	32×15×30	2	A
10	二宮	5	25×28×25	2	C
11	東	2~10	28×28×22	3	B
12	武村	2~5	20×30×35	2	A
13	武山	6~15	28×35×23	3	C
14	藤田・1	2~20	32×23×34	3	B
15	和泉・2	8	15×19×14	2	B
16	宮武	1~30	15×10×23	2	A
17	藤田・2	2~46	40×30×30	3	B
18	宮崎・1	10~50	25×26×17	3	B
19	三守	1~10	22×19×20	2	A
20	柚・1	2	20×25×30	1	B
21	木村・1	1	17×18×13	1	A
22	船守・2	1~2	28×16×16	1	A
23	船守・3	2	25×17×15	1	A
24	宮崎・2	3~30	12×15×13	1	A
25	宮崎・3	3	18×18×14	1	A
26	木村・2	1~2	25×16×15	1	A
27	木村・3	2.5	25×16×16	1	A
28	木村・4	1.5~2	25×16×17	1	A
29	橋本・4	4~5	10×27×20	1	A
30	橋本・1	3~4	18×20×12	1	A
31	橋本・5	4~5	10×17×20	1	A
32	橋本・3	3~4	17×20×18	1	A
33	橋本・2	1	15×22×15	1	A
34	柚・2	1.3	16×12×13	1	A
35	山口・1	3.5	14×16×21	1	A
36	山口・2	0.5	17×15×18	1	A
37	山口・3	1.7	16×12×11	1	A
38	船守・1	6	26×21×28	2	B

8. おわりに

鑄造には、とりかえしのつかないような失敗がつきものである。原型がなくなってしまう蠟型鑄造技法は、特に慎重になり従来の方法に固執しがちである。しかし、長い歴史のなかで作られられてきた方法を、なにも考えずただくり返していくだけでは、技法の本質を知ることにはできず、応用や改良を自力で加える事はできない。長い歴史を経た技法に謙虚に目を向ければ、技法は多くのことを我々に学ばせてくれる。

当然ながら、技法は、その時代に生きる人々と同じように、その時代に生きているものでなければならぬ。技法が生き生きとし、常に向上進歩するものであれば、新鮮で有用なものを生み出す力を持つのであろう。

これまで、記録に残ってこなかった鑄金の具体的な工程と技法を書きとどめ、後世に伝える意義は大きい。そして同様に、今に生きる我々自身が工程を記録し技法の意味を知ろうとしたことも、意義深いと考えている。

なお、本文の項目2. 4. を和泉昌美 倉田和美 武村聡子 吉田展子, 3. を木村結希子 坂本光世 武山和正 橋本知女, 5. と(表1)を東 良子 藤田愛子 船守雅恵, 6. を菊原千寛 三守史華 宮口知佳 宮崎充代, 7. と(表2)を二宮隆之 宮武良平 山口晶子 柚 直美, (図1)を木村結希子, 記録を藤田愛子 木村結希子, 写真撮影を菊原千寛 山口晶子が担当し、全体を三船がまとめた。

謝 辞

この報告書作成、鑄造実習にあたり、下記の方々から援助、ご指導をいただきました。お礼申し上げます。

須賀正佐, 須賀正紀, 菓子 満, 川崎絵美, 川崎 克, 金属工芸専攻13期生
ならびに専攻科(鑄金)の学生の皆さん

引用文献

- 1) 可西泰三:「銅炎 高岡金工のあゆみ」・高岡金工誌編纂委員会・1980
養田 実, 定塚武敏:「高岡銅器史」・桂書房・1988
- 2) 須賀松園:「蠟型鑄造 須賀松園作品集」・求龍堂・1979
- 3) 木下禾大:「鑄造工学概論」・日刊工業新聞社・1978

Mold baking using a pinewood-burning kiln by the Mane lost wax casting method

Haruhisa MIFUNE, Yosiyuki KOBORI,
Katsuro SHIMIZU, Kouji TONAMI and
The class of 2001 Metalwork Major Department
of Industrial Arts Takaoka National College

(Received June 15, 2000)

ABSTRACT

The traditional Japanese lost wax casting method called "the Mane method", which utilizes baked sand Mane (pronounced mah-ney), is said to have originated during the final stages of Ages of Chunqiu and Contending States (770BC-221BC) in China; and to have been introduced to Japan. It is no longer easy to find this Mane method which has survived over two thousand and some hundred years practiced anywhere in the present day China because a more modern lost wax casting called a ceramic shell mold casting has become dominant in the industry.

In Japan, the Mane lost wax method is still practiced in Takaoka, Toyama that produces bronze handicraft and by several foundries in some parts of the country; but to our disappointment it is on the decline.

Prepared by the 19 members of the class of 2001 majoring in the metalwork, this thesis is to report in detail the mold baking technique using a pinewood burning kiln, with an intention to recording the Mane lost wax casting method that has been handed down for centuries in East Asia to the succeeding generations.

KEY WORDS

Casting technique in East Asia, Takaoka National College, Metalwork, Mane lost wax casting, Pinewood burning kiln, Mold baking