

# F U S U S

THE SOCIETY FOR THE HISTORY OF  
ASIAN CASTING TECHNOLOGY

SEPT. 2008

VOL. 1

アジア鑄造技術史学会誌 FUSUS 1号

ISSN 1883-0056

# FUSUS

## VOL.1

### CONTENTS

- 9 Choi, Kwang-Jin , Jung, Tae-Hwa  
Research of Ancient Korea's Iron Manufacturing Technique
- 23 Tokuhei Tagai , Haruhisa Mifune, Yasuji Shimizu  
Investigations of chemical reactions on the surface of mirror mold through metal casting (1) On the Han period mirror-mold excavated from the site of Linzi in the Shandong Province, China
- 33 Takafumi Niwa  
The review of previous studies about appearance of Lostwax casting in China  
: The beginning study of appearance and development of the Lostwax casting in East Asia ( I )
- 45 Takanori Hirosawa  
Casting Techniques of the Seated Bronze Statue of Fudo Myo-o of Komyo-ji Temple in Tochigi
- 55 Keinosuke Totsu  
Casting Techniques Focusing on Manegata Casting (Loam Mold Casting)  
Part 1. Overview of the Traditional Techniques
- 65 Kiyoshi Endo  
Reviving the production techniques of Ashiyagama – (1) swept core
- 71 Bukan Koizumi  
Problems on reproduction of cast bronze Dotaku bells - mold making -
- 75 Hitoshi Kimura  
Visit a Nepalese lost wax casting studio
- 79 Masaharu Sasaki  
Introduce Research Center of Ancient East Asian Iron Culture

### 目次

- 9 崔珖鎮, 鄭泰和  
古代韓国の製鉄技法研究
- 23 田賀井篤平、三船温尚、清水康二  
鏡範面の金属鑄込みに伴う化学変化の研究 — (1) 臨淄齊国故城出土の漢代鏡範について—
- 33 丹羽崇史  
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)—
- 45 廣沢隆則  
江戸期建立の栃木県光明寺銅造不動明王坐像の鑄造技法について
- 55 戸津圭之介  
鑄金の技法<真土型鑄造法を中心に> —その I 伝統技法の概要—
- 65 遠藤喜代志  
芦屋釜の技術復興—(その1) 挽き中子
- 71 小泉武寛  
銅鑄造の諸問題 —鑄型づくり—
- 75 木村 仁  
ネパールの鑄物工房を訪ねて
- 79 佐々木正治  
愛媛大学東アジア古代鉄文化研究センターの紹介

# 銅鐸鑄造の諸問題 — 鑄型づくり —

小泉武寛

## 要旨

複雑難解な鑄造技法の整理方法として鑄型の分類方法図式化の提案一例を示し、鑄型材料の石と真土それぞれの特徴と技法上の疑問を出土遺物との比較により提起する。また、鑄型焼成時のガス発生の功罪や、金属溶解時の高温作業体験から今後の研究の方向性を探る。

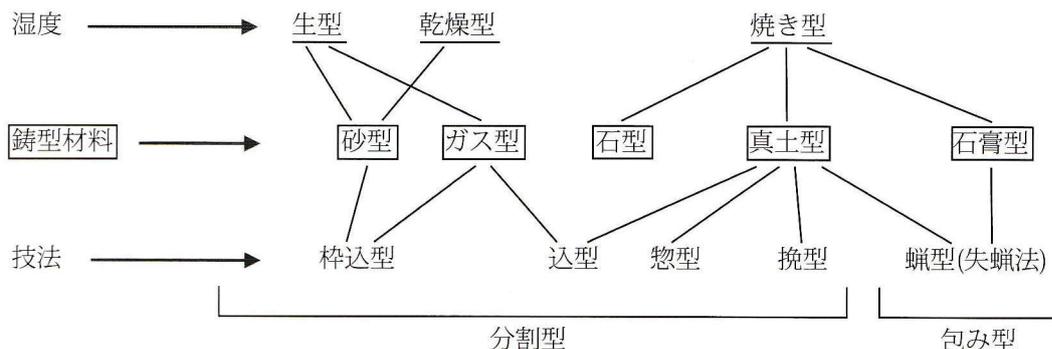
### 1. はじめに

銅鐸作りの古代の職人たちの話し声を聞き、20年余の歳月が過ぎた。この間さまざまな実験を繰り返したがまだまだ未解決な問題が山積している。鑄型はどのようなものだったのか。材料は、石か土か陶製なのか。数少ない出土鑄型と現在使っている道具や手法、古代の社会環境など多方面から考察しなければならない多くの問題点が存在する。最近、砂と水だけを混ぜてそれを凍らせて鑄型に利用する方法があると聞いた。これは肉厚の薄い物に適すという。これまでの常識では考えられない事が鑄造の分野にも広がってきた。弥生時代において、銅鐸製作はそういう世間があつと驚くようなハイテクだったと考えて良いだろう。現代人の私たちは経済優先を考えてつつい大量生産の為の作業効率などを重きに考えるが、古代の技術は最初の一つを製作する技術を考えることが重要であったのだろう。弥生時代の銅鐸復元鑄造の諸問題を出土遺物と比較しながら、鑄型を中心に述べてみる。

### 2. 鑄型の分類

ある意味、鑄造は単純である。金属を溶かし鑄型に流し込めばいい。ただ古代から現在までにあまりにも多くの鑄造方法や技法が存在するので複雑なため、単純な呼び名に整理し分類する必要がある。今後の本学会での検討事項になってくると思うが一例を以下に書いてみる。

- ・ 鑄型湿度で分類すれば—— 生型、乾燥型、焼き型
- ・ 鑄型材料で分類すれば—— 砂型、ガス型、石型、真土型、石膏型、特殊な例としてイカの骨
- ・ 技法で分類すれば—— 枠込型、込型、惣型、挽型、蠟型(失蠟法)



### 3. 鑄型材料

#### 1) 石鑄型

石にはいろんな種類があるが、銅鐸の鑄型に使われているのは凝灰質砂岩と呼ばれる石が多い。弥生時代も石選びに苦労したことが、九州で出土している鑄型からも容易に想像できる。古代の職人の技術に近づけば近づくほど同じ失敗をする。材料と技法が同じであれば、ほぼ同じ結果になることはあたりまえのことである。筆者は石鑄型での鑄造経験は無に等しいが少し触れてみることにする。

##### ①石選び

現在の鑄造職人の石に対する乏しい知識で考えてみるならば、加工しやすいことと焼いても割れない石ということが重要なのだろう。しかし実際、東奈良出土石鑄型を見るとかなり硬そうだ。また、重量も一般的な石の重さがあり緻密で加工しにくいと思われる。加工性が高い石は軟質だろうが、軟らかい石は割れやすい。多孔質ということから考えるとガス抜きが良いということなので鑄型としては都合がいい。したがって鑄型の石には適度な密度が要求される。鑄型材料に適した石は砥石として利用できる。たとえば熊本県天草地方で産出する天草砥石だ。しかしこれはこの地方で大量に産出するため付いた名前であって、全国いたるところにある石である。石を持って軽いと感じたらやはり多孔質で軟質であり、同じ天草砥石でも硬、軟、多種あるが、白っぽいものは比較的軟らかい。出土鑄型を見ると焼成してあり、実際に焼成した石と見くらべ石選びをする必要がある。

##### ②焼成

石は焼かないと岩石中の結晶水が除去されない。乾燥だけでは結晶水は残る。焼成温度は約700度と推定できるが出土した鑄型から正確な焼成温度の判断は難しい。鑄込みに適した石鑄型の温度は出土銅鐸の肉厚が薄いということから考えてかなり高温域での鑄込みと考えられる。鑄型に適した石の種類や適切な焼成温度を探るには、実験あるのみだと考えている。

#### 2) 真土型

真土とは曖昧な言葉であるが広義に解釈し銅鐸鑄型を考えてみる。真土型は石鑄型のように重くはない。しかも文様も彫りやすい。したがって小さな物から大きな銅鐸までかなり自由に作る事が出来るはずである。弥生時代の銅鐸職人はどのように真土で鑄型を作ったのだろうか。自然界に存在する物を組み合わせて道具とし、職人の知恵と努力あるいは現代人には考えられないような発想、そんな創意工夫の集大成が1mを超す大型銅鐸鑄造を可能にしたのである。

##### ①台型

真土型で銅鐸を復元製作する時に良いお手本となるのは奈良県田原本町唐子鍵遺跡から発見された土製の鑄型群だ。これらの鑄型には文様が描かれていないので、真土鑄型を作る時の台型と考えられる。この土製鑄型に真土を塗り重ねていけば容易に鑄型が出来上がり、乾燥後文様を彫る事が出来る。しかし、この方法で1m以上の銅鐸を作るにはいろいろな問題が出てくる。まず土製の台型であるが、出土しているものから判断して高さがおよそ60cmの銅鐸までは台型を利用して作っていたようだ。仮に1m以上のものを土製台型で作るなら襖棺を作るような土器職人達の協力が必要だろう。襖棺は薄くても丸い形状であるので丈夫なのであって、半分の舟形にした場合は、やはり強度に問題が出てくるのではないだろうか。分厚くした場合には強度は増すがかなり重くなるという難点がある。壺づくりの様に円筒形に粘土を積み上げ生乾きの状態で縦に竹を割る要領で、2面の台型を作ったのかもしれない。しかし、もっと簡単に作れないものかと職人なら考えるはずである。軽量でしかも高温に耐える土製台型でなければならないが、復元鑄造ではこれが難題である。

##### ②荒真土

台型の素焼が完了すると次は真土を塗る。大まかな形に作るのやや粗い真土を少しずつ塗り、何度も乾燥させながら修正を加えて形を整える。普通の大きさの銅鐸鑄型ならこの作業はあまり問題にならない。焼いた時に台型から粗い真土が剥離しないように収縮を考えて粗い真土の粘土加減に注意しなければならない。大型の銅鐸なら、ガス抜きと重量に配慮しなければならない。復元製作の現場では、職人一人で取扱い出来る大きさや重量ならなんとかなるが、大型になると数人で鑄型を外したり組み立てたり合わせたりと、やはり軽いほうが都合良い。軽くするにはスサなど多く混ぜて多孔質の鑄型にするなどの工夫ができる。鑄型強度は鑄込んで地金が固ま

るまで耐えられれば良いのであって、その後の製品取出しではむしろ破壊しやすいほうが作業効率は良い。しかし、同じ鑄型で多くの同范銅鐸を作ろうとすると、製品取り出しでも壊れない鑄型強度が必要になる。

### ③肌真土

銅鐸では鑄型に文様を直接刻んで描く事が多いので、砂崩れの原因となる紙や綿などの植物繊維を混ぜるわけにはいかないため、単純に砂と粘土で鑄型面を作る。乾燥時の収縮率低減のため薄く塗り重ねるようにして鑄型表面を円滑に成型する。真土型の場合の鑄型は焼成するので、粘土質は幾分多めにしてもガス抜けは確保できる。鑄型焼成温度を低くするならあらかじめ炭の粉など炭化物を混入させておいたほうが結晶水は少ないので調子が良い（灰真土と呼ぶ）。ただし灰が多過ぎると脆くなって文様を描く時に欠けることがある。銅鐸復元に使いやすい真土は実験を繰り返し自分に合ったものを探さなければならないと思う。

### ④中子

銅鐸の場合の中子は削り中子で作られていると言われている。本当にそうなのだろうか。最近他の方法もあるのではと考えるようになった。なぜなら中子の肌があまにも綺麗なためである。銅鐸内面を見ると鑄肌が非常に綺麗な肌に鑄上がっているが、内面は普通研磨仕上げをしないため中子表面が緻密だったことがわかる。中子の材質にもよるが砂を使って削った場合には中子表面は荒くなる。いろいろな方法を試してみる必要があるが、真土の乾燥による収縮を利用して作れないかと考えている。その場合、問題は型持だ。型持も真土と一緒に縮んでは鑄込む隙間がなくなるため、型持は縮まない材質でつくる必要がある。型持を素焼きのものか、あるいは木材で作りを中子に嵌めるということも考えられる。木材の型持で鑄込む実験を行ったが1200度の湯といえども瞬間的に触れるだけなら木材は表面が焦げるだけで利用可能である。銅鐸鑄型を作るのに常識的に考えれば、まず外型を作り次に中子を作るという順番だが、真土型で作るなら、中子を最初に作り次に中子の表面に銅鐸地金の厚みの粘土か布を巻きつけてから外型を作るという方法も可能である。いろんな製作方法の可能性を追求してみたい。

## 3) 陶製鑄型

初期の銅鐸は石型で作った。その後は、真土型で鑄型が作られたということになっているが、石鑄型から真土型に変わるのには進歩だろうか。もし進歩であるなら変化が極端すぎるように思える。職人の立場からみると、石鑄型で随分長い間銅鐸を作っているが、硬い石に模様を彫るよりももっと柔らかいものに彫れたらと考え、早い時期に段階的に真土型へ移行するのではないかと考える。身近に焼き物職人がいた時代だったのだからこういった石の代用を考えなかったのだろうか。銅鐸鑄造においては九州では考えなかったらしい。

兵庫県平方遺跡から出土した鑄型は土製で文様を彫り込んでいるが（真土型よりも多くの粘土を含み素焼きの屋根瓦のような焼き物の質で、仮に陶製鑄型と呼ぶことにする）、焼き物の鑄型で作っていた時代があったと考えてはどうだろう。石鑄型に比べるとはるかに効率的だと思われる。しかし、陶製では鑄造後に製品を鑄型面から剥がれやすくするため鑄型面に塗型材を塗ったと考えられる。反面、塗型材を塗ると文様が不鮮明になるため、再び文様を修正するという事を繰り返しているうちに、陶製鑄型に文様を彫るよりもいっそのこと真土を全体に厚く塗ってから文様を彫れば良いと気付くのではないだろうか。そして真土型と呼ばれる唐古鍵遺跡出土の鑄型方式になっていったと考えるほうが自然ではないだろうか。

## 4. 焼成

鑄型を焼くといろんな問題が発生する。熱膨張による歪みがおこる。外型を片面ずつ炭火で高温になるまで焼いた時、真土と台型の歪みにより剥離現象とひび割れが現れたことがあった。低温では結晶水が除去できないため高温で焼成しなければならないが、高温になりすぎると鑄型の溶融が始まりガス抜けが悪くなる。その反面、鑄型内のガスは全て悪い作用をするわけではない。ある程度ガスがあるほうが肌はきれいに鑄上がる場合もある。そのため、鑄型の焼き加減は判断が難しい。復元製作で炭や薪で焼いていると、温度調節が思い通りにはいかない。弥生人も銅鐸鑄型の焼成には苦労したことだろう。

## 5. 金属溶解

金属溶解炉に甗炉を用いたとしよう。炭をどんどん熾して温度を1000度以上に上げ地金を投入し、溶けた地

金が炉底に溜まる。栓を抜き溶けた高温の地金を流す。地金を受けるのは取鍋であるが、この取鍋をどうして運ぶのかが問題だ。取鍋を挟むのは金箸を使うのか、あるいは木製箸なのか。かつて、ボロ布を重ねて作った厚手の布手袋に燃えないように泥汁を塗り、それで両手で取鍋を持って注湯したことがある。さほど熱くはないので鑄込めた。本当にこれでいいのかと疑問を抱きながらも、出来る事を確認したうえで改めて鑄造遺構や出土品と比較し検討を進める。考古学での職人の役割は、本当に出来るかどうかを確認する作業であると考えている。

## 5. あとがき

銅鐸復元はただ銅鐸が出来れば良い、形さえ同じになっていれば良いというものではない。古代と同じ製作方法を見つけ出してこそ本物の銅鐸復元といえる。同じ材料で同じように作れば出土品と同じようになるのだから、鑄型材料の選択、使用方法、製作順序、出土鑄型との照合などが大切である。大型化に対応できる技術もまた考察しなければならない。工人集団によってそれぞれ作り方や文様が違うのかもしれない。

鑄造において、多く的人是はみな最初に教わったことが正しいと信じている。そのためなかなか製作方法を変えられない。しかし技術はある日突然変化することがある。銅鐸作りも同じだと考えられる。銅鐸づくりの研究はまだ始まったばかりで、今後より多くの研究者と太古の工人と古代のロマンを語り合いたいと願っている。

(有 和銅寛)

## Problems on reproduction of cast bronze Dotaku bells - mold making

Bukan Koizumi

Wadokan