



第32回企画展「古代の鑄造技術—筑前の鑄造遺跡と復元実験—」
(会期:平成27年12月1日(火)～平成28年1月24日(日))

金属溶解技術 (坩堝炉・甑炉) の復元鑄造実験

Kyushu Historical Museum Exhibition guide

はじめに—実験の目的と方法—

近世以前の金属溶解方法は、大きく二つに分けられます。一つは、コップ状の容器である坩堝内に入れた金属を周囲、もしくは坩堝内から熱し、溶解・注湯する坩堝炉です。もう一つは、土管状の縦型炉の上部から金属と木炭を交互に入れて熱し、炉内部で金属を溶解させ、炉の下部に設けられたノミ口(出湯口)から溶湯を出湯する甑炉です(溶けた金属のことを「湯」とよびます)。これらの溶解炉の痕跡は、各地の鑄造遺跡から出土しますが、溶解方法の具体的解明や、実際に使用した鑄造用具と出土遺物との比較検証などを意図した研究や実験は極めて少ないのが現状です。

そこで筑前鑄造技術研究会では、出土遺物の調査を基に、金属の溶解操業過程の記録と検証、及びその実験で用いた鑄造用具と実際の出土遺物との比較検証を目的として、坩堝炉と甑炉の鑄造実験を行いました。特に炉は土製、燃料は木炭、送風は人力(箱鞆)によるものとし、可能な限り中世以前の溶解方法に近づけました。また、用具の製作にあたっては、古代から中世の鑄造関連遺物が多数出土した、太宰府市観世音寺(8世紀～13世紀)の資料を参考にしました。観世音寺跡からは、溶解炉に関連するものとして、坩堝炉、甑炉の両方の遺物が出土しています。それらを復元し、溶湯が注湯可能か否か等を確認するため鏡鑄型を用意しました。

1. 調査・実験の経過

【平成20年10月1日】

・九州歴史資料館にて太宰府市観世音寺から出土した

鑄造関連遺物の資料調査。

・取瓶^{とりべ}、もしくは坩堝に使用したと考えられる土製の椀状容器が数点あり。容器の内側に比べ、外側にはほとんど被熱の痕跡が確認できない。よって、溶解炉が甑炉の場合は取瓶への使用、坩堝炉の場合は内部に直接燃料を入れ地金を溶解させた想定。

【平成20年11月28日】

・出土資料に基づき、溶解に用いた道具類を復元(陶芸用粘土と川砂を準備し、粘土:川砂を2:1の比率で配合)。手捏ねで坩堝、取鍋、鞆羽口を製作。鑄型は挽型の鏡鑄型を用意。

・純銅と錫の配合比は銅85%、錫15%。溶解の効率を上げるため、地金はあらかじめ薄板状にする。

・芦屋釜の里(福岡県遠賀郡芦屋町)にて坩堝炉の試操業を実施。

【平成20年12月13日】

・芦屋釜の里にて坩堝炉の試操業を実施。

【平成20年12月20日】

・芦屋釜の里にて本操業を実施。

・午前9時38分から坩堝炉の操業を開始し、正午まで溶解・注湯を3回行う。送風は箱鞆1基。

・午後1時08分から甑炉の操業を開始。3回の注湯を行う。送風は箱鞆2基。約20kgの地金を溶解。

2. まとめ

①実験の結果

今回想定した坩堝炉・甑炉については、共に金属を溶解でき、鑄型への注湯も可能でした。

坩堝炉に用いた坩堝は、外面が強く被熱することな



甑炉操業の様子
(炉と2基の箱鞆)



甑炉操業の様子
(上部から金属を投入する)



甑炉操業の様子
(炉の下部から金属を出湯する)

く容器内の金属を溶解しました。このやり方であれば、木炭と湯が直接接していることで溶湯の温度が下がりにくく、木炭から発生する一酸化炭素で溶湯が酸化しにくいという利点があります。なお、5回操業を行ないましたが、甌羽口・容器にはほとんど損傷がなく、坩埚に一部ひびがみられる程度でした。

甌炉については、木炭と人力送風により約2時間で20kgの地金を溶解し、所期の目的を達成することができました。甌炉の炉体の消耗は、上甌については著しい被熱による損傷はみられませんでした。中甌の羽口付近を中心に炉壁が溶け、ガラス化していました。溶湯が溜まる坩の部分についても、被熱による損傷がみられました。

②今回使用した溶解用具と出土遺物との比較

坩埚炉で使用した羽口については、先端部に被熱による色の変化が若干みられましたが、その他に大きな変化はみられませんでした。一方、甌炉で使用した羽口については、炉内に挿入していた先端部が高温により溶けてガラス化し熱による損傷が著しくみられました。このことから、坩埚炉のように放熱が多い操業状況では、羽口がガラス化するなどの著しい変化は起こりにくく、甌炉を用いた場合は高温によって羽口がガラス化し損傷することが多いことが想定されます。炉の形態による羽口の損傷の違いは、出土遺物から操業状況を推測する手掛かりとなるでしょう。

坩埚については、坩埚炉の坩埚及び甌炉の取鍋として、同様の形状のものをを用いました。当初は、それぞれ使用痕跡が異なるだろうと想定していましたが、今回の実験では明確な差は出ませんでした。すなわち、坩埚炉で使用した坩埚については溶湯が溜まる内面に比べ、外面はほとんど被熱していません。甌炉で使用した取鍋についても同様であり、坩埚炉の坩埚との明確な差

は見られませんでした。

③所見

中世以前の坩埚炉による溶解装置について、先学の研究の多くは、坩埚内に地金を入れ周囲から坩埚を熱するという間接溶解が想定されてきました。しかし、土製坩埚の周囲から木炭で加熱する方法では、内部の金属溶解にいたるまでの時間や燃料のロスが多く、効率のよい方法とはいえません。また溶湯の上部が酸化し、注湯時の流動性が阻害されるという側面もあります。

今回の坩埚炉の実験では、坩埚内に木炭を入れ、十分に発火した状態で地金を上部から投入する直接溶解を行いました。この方法では、木炭の上部に置かれた金属は溶解され、坩埚に溜まりますが、木炭と直接接していることで溶湯の温度が下がりにくく、酸化も防止されるという利点があります。言い換えるならば、それは坩埚炉と甌炉の未分化状態の炉ともいえるでしょう。そのような炉の発生がどこまで遡り得るかが問題ですが、弥生時代の金属溶解技術の一つではないかと想定しています。例えば、大型の銅鐸がどのようにして製作されたかについては、その鑄型造型もさることながら、大量の金属を溶解する技術なくしては成立しません。その時代、中世にみられるような甌炉が存在したか否かについて、それに関連するような遺構、炉壁などが出土していないことから考えても、今回の実験で用いた直接溶解型の坩埚炉のような未分化状態の炉が選択肢の一つとして考えられるべきでありましょう。

(芦屋釜の里 新郷英弘)

【付記】筑前鑄造技術研究会は、故・境靖紀氏(元春日市教育委員会文化財課職員)が発起人・代表となり、芦屋釜の里の新郷英弘・八木孝弘・樋口陽介および九州歴史資料館の加藤和歳・岡寺 良と共に発足し、本実験を行った。発起人の境氏が急逝した為、実験成果の公表が実現されることなく現在に至った。今回、本企画展にその成果を公表するものである。(筑前鑄造技術研究会一同)



坩埚炉操業の様子
(坩埚炉と1基の箱甌)



坩埚炉操業の様子
(坩埚内の木炭を発火させる)



坩埚炉操業の様子
(鑄湯後。坩埚の内部が被熱)



編集

発行：平成27年12月1日

九州歴史資料館
KYUSHU HISTORICAL MUSEUM

〒838-0106 福岡県小郡市三沢 5208-3
TEL 0942-75-9575 FAX 0942-75-7834
URL <http://www.fsg.pref.fukuoka.jp/kyureki/>