

実施課題番号：2003A0852-RI-np・2003B0961-RI-np

実施課題名：中国および日本産青銅器の蛍光分析

実施責任者所属機関及び氏名：泉屋博古館学芸課 外山潔

使用ビームライン：BL19B2

実験結果（実験概要）

I. 実験の目的

世界の古代文明において、金属器が果たした役割は非常に大きい。とくに東アジア地域において青銅器は、生産性の向上・戦闘能力の向上という実用的側面のほかに、祭祀と強く結びつき、さらに権威を象徴するものとして重要な役割を担った。したがって、青銅器研究は古くより考古学上の重要な研究課題となり、そのなかで、青銅器の科学分析は原材料産地の特定や合金成分の特性を解明するための有力な方法と考えられ、青銅器研究の柱のひとつと認識されてきた。分析の手法としては、化学分析が古くより行われてきたが、貴重な文化財の破壊を伴うため、これに変わる分析が強く望まれてきた。そのなかで蛍光分析は非破壊で実施できるため、20年前位から急速に脚光を浴びることとなり、数多くの分析が実施・報告されてきた。ところが、報告の内容はCu・Sn・Pbなどを中心とした主要元素の成分比を羅列提示するにとどまり、合金特性・原材料産地同定など科学分析に期待される成果を上げることができなかった。さらに、ごく表層部分の分析しかできなかったため、表面酸化物などの影響を強く受け、化学分析による成分分析に比べ、分析自体に対する信頼度が極めて低い状態にあった。さらに分析機の収容能力により製品の破片しか実験できないため、考古学上の系統論を十分にふまえた多数の資料を分析することが非常に困難であった。

SPRING8による蛍光分析は、高エネルギー・蛍光スペクトルにより、表層にとどまらずかなり内部に及ぶため、錆など表面状態の影響を受けにくく、さらに青銅器に含まれる微量成分（不純物）を高精度で測定できるため、従来の蛍光分析では実現できなかった測定が可能である。加えて従来の蛍光分析機と異なり非常に大型の器をそのまま分析できるため、美術館に展示されているような大型完形品を実験資料にできることも大きなメリットである。

以上の特色を利用して、本実験では従来の蛍光分析では実現できなかった高精度でかつ綿密な成分特性を検討することにより、青銅器の原料産地特定を最終目標とした。具体的には、青銅器に不純物として存在する微量成分の差異が原料産地の違いを反映するという前提で、これを高精度測定することにより原料産地の同定を行う。従来の蛍光分析の限界を突破する

試みということができます。

II. 実験の対象

実験対象とした青銅製品は、現在日本において考古学界だけでなく一般の考古学ファンからも非常に注目を集めている三角縁神獸鏡を選択した。三角縁神獸鏡はほぼ紀元3世紀に製作されたと考えられ、これまで邪馬台国の女王卑弥呼が中国魏の皇帝より授かった鏡といわれたこともある。少なくとも三角縁神獸鏡が製作された時期は、日本において国家が形成され始めた時期であり、国家形成論も巻き込んだ重要な資料であることは間違いない。文様は同時期の中国で製作された鏡に非常に近いものの、中国では1点も発見されず、日本国内でのみおよそ400点以上が確認されている。その製作地については古くより学界の論争となり、中国で製作した鏡であるとか、中国の鏡工人が日本に渡来して製作した鏡であるとかいうほかに、日本で製作した鏡であると言い切る学者も存在する有様である。

古代青銅製品でこれほど製作地が論争となるものはほかになく、その合金成分を分析する意義は極めて高い。実験対象として挙げたのはこのためである。

三角縁神獸鏡の原材料産地を検討するためには、当然のことながら比較材料として中国・日本鏡の特性をまず把握する必要がある。そのためはじめに基礎作業として中国鏡・日本鏡約100面を分析した。

III. 実験方法ならびにデータ解析の方法

検討に用いた数値はSbとAgをそれぞれ主要元素Snで規格化したものを採用した。

Sb、Agともに青銅鏡に共通して含まれる微量不純物成分であるが、高エネルギー、高輝度の入射X線を用いるSPRING8の利点を生かすため、高エネルギーの蛍光X線を放出するこの2元素を採用した次第である。Sbの放出蛍光X線 $K\alpha$ のエネルギーは26.2keV、Agの放出蛍光X線 $K\alpha$ のエネルギーは22.1keVであり、このエネルギーでは鏡表面から0.2mm程度までの領域の観測が可能である。つまり、表面の錆等による影響を受けない地金本来の成分を非破壊で分析できるのである。またこの2元素をSnで規格化したのは、Snの放出蛍光X線 $K\alpha$ のエネルギー(25.2keV)がSb、Agのそれと近く、これを基準とする相対強度が相互に比較可能な有意義なデータと判断したためである。

Sb/Sn、Ag/Snの数値はSb・Agという微量不純物の絶対量を反映するわけではないが、しかしこの数値は青銅合金の成分特性の相違を反映し、生産地あるいは原材料産地の相違を示

す指標になりうるものとする。中国鏡の場合、銅と錫の混合量が文献に記載されており、また分析実験においてもその数値がさほど大きく変動しないという結果も発表されている。

IV. 中国鏡の実験結果

三角縁神獣鏡原材料産地同定の前段階として、中国における青銅鏡の状況を明確にするため、74面の鏡を分析した。中国において本格的に大量生産がはじまった戦国時代後期（紀元前3世紀）から鏡生産の全盛期である漢時代（紀元前206年～紀元230年）、さらに三角縁神獣鏡の製作年代である三国時代（紀元3世紀）までの鏡を対象とした。

これらの鏡はおよそ600年の年代幅があるため、はじめに時期ごとの特性をあきらかにしたい。なお、時期区分は、前漢・後漢を前中後の三時期に細区分する。各期の実年代は、戦国前期：BC453～BC4世紀第1四半期、戦国後期：BC3世紀第2四半期～BC221、秦：BC221～BC206、前漢前期：BC206～BC141（高祖～景帝）、前漢中期：BC140～BC49（武帝～宣帝）、前漢後期：BC48～AD23（元帝～王莽）、後漢前期：AD25～AD88（光武帝～章帝）、後漢中期：AD89～AD167（和帝～桓帝）、後漢後期：AD168～AD220（靈帝～獻帝）、三国・晋：AD220～AD301）とする。

以下、年代順に分析結果を紹介していく。

(1)戦国時代後期・秦時代（紀元前3世紀）

中国では紀元前8世紀頃より小国が乱立し、とくに紀元前5世紀以降七つの大国により分割された。ところが、紀元前3世紀ころより西方の「秦」が強大になり、紀元前221年に中国を統一する。本格的に大量生産されはじめたこの時期の鏡は、大きく羽状獣文地鏡系（と細文地鏡系とに大別でき、これまで前者は戦国楚の領域を中心とする華中地域の鏡、後者が中原を中心とする華北地域の鏡とされてきた。ただし、とくに原材料が異なるのかどうかについては全く不明であった。

今回の分析では、グラフのごとく両者ほぼ同じ値に分布しており、原材料レベルではほぼ同じ産地である可能性を示唆している。とくに「秦」は華北のなかでも西方系国家であるが、国家体制が変化しても原材料の供給に変化がなかったことがあきらかである。

(2)前漢時代（王莽期を含む：紀元前206年～紀元23年）

中国で鏡が最も流行した時期が漢の時代である。漢王朝は紀元8年に家臣である王莽により国家を篡奪され、紀元23年に再び王権をとりもどすが、この時期を境にそれ以前を前漢、以降を後漢という。漢代の鏡は、前期には戦国時代の伝統を色濃く残しており、前漢中期に

なってようやく漢独自のスタイルを確立したといわれる。

この前漢鏡の分析状況を年代順に羅列すると以下の通りとなる（グラフ参照）。

前漢前期（○）：Sb/Sn0.005弱・Ag/Sn0.005前後に集中する。

前漢中期（▲）：Sb/Sn0.005前後と0.01強あたりの2カ所に分かれる。

前漢後期（■）：1面を除いてSb/Sn0.005～0.01強、Ag/Snが0.002～0.0035集中。

このようにSb₂/Snが0.005のあたりを境界として、それ以下とそれ以上の分布域に分けることができそうである。時期ごとに大まかにみると、前期は前代の分布域（sb/Sn値小）に近く、それが中期あたりでSb₂/Sn値が大きいものが出現し、後期にはほとんどがSb₂/Sn値0.005以上へと変化していく。

したがって、現時点では推測にとどまるが、分布範囲Sb/Sn値0.005以下が戦国時代から前漢中期にかけての伝統的原材料産地の分布域で、分布範囲Sb/Sn値0.006～0.012、とくに0.01前後が前漢中期以降発達を見せる新出鏡の原材料産地の分布域であると考えてよかろう。

(3)後漢・三国時代（紀元23年～紀元301年）

この時期の鏡は前漢後期に形成された様式を受け継ぎながら、新たな発展をみせる段階である。また、前漢後期から鏡の銘文に「某作」というふうに鑄造工房を記す例が多くみられるようになる。この時期、様々な地域で鏡製作工房が設立されていたと考えられている。

この時期の鏡の分布状況を見ると、先の前漢後期の分布域に集中域が重なっていることがわかる（グラフ参照）。そして前漢中期まで継続していたSb/Sn値0.005以下の分布域はほとんど姿を消している。ただ、全体的にみると、前漢後期に比べ、Ag/Sn値にばらつきがあり、また内行花文鏡や獣帯鏡、画像鏡などSb/Sn値でもばらつくものも認められる。先に記した製作工房の多様化を反映しているのかもしれない。そのなかで、神獣鏡はSb₂/Sn値0.007～0.01と比較的まとまっているのが注目できる。

V. 日本鏡の実験結果

これまで中国鏡を概観してきたが、今度は日本古墳時代に日本で製作された鏡を検討したい。日本鏡の分布状況は、グラフの通り、Sb/Sn値0.01～0.025、Ag/Sn値0.0035～0.008あたりの広い範囲に分布している。とくにAg/Sn値が0.005以上のものが多く、Sb₂/Sn値も大きい。さらに中国鏡の分布状況と異なり、全体にばらけた分布をとっているのが特徴である。

日本古墳時代の鏡生産は、文様的には中国鏡文様の模倣を基本としており、原材料の面で

いうと現在のところすべて輸入に頼っていたと考えられる。その輸入形態も竿銅のようなインゴットによる原料輸入というのではなく、鏡の製作に際しては、主に中国から輸入した青銅製品を鋳つぶして再鋳造したものが多いと考えられている。

この点を念頭において日本鏡の分布と中国鏡の分布を比較すると、一部中国鏡に重なるものがあるが、大半が中国鏡とくに漢鏡の主要分布範囲を大きく逸脱している。漢鏡分布と重なる鏡については、漢鏡を鋳つぶして再鋳造したことが想定できるが、その他のものについては、全く異なる原材料を使用したと判断するしかない。分布が大きくばらついている現状では、単なる原材料産地の違いなのか、鋳つぶした青銅製品の違いを示すものなのか定かでない。実験数を増やし分布状況をさらに詳しく検討する必要がある。

VI. 三角縁神獣鏡の分布

これまでの検討により、中国鏡において、戦国鏡系統、前漢前期系統、典型的漢三国系統日本鏡系統の4分布域が確認できた。例数が少ない分布域もあるが、とりあえずSb/Sn値とAg/Sn値によって時期ごとおよび地域ごとの分布域を抽出できた。ここに三角縁神獣鏡の実験数値をあてはめてみる。ただし、今回の実験では、上記基礎作業を重点においたため、本命の三角縁神獣鏡の実験数を多くとることができなかった。実際に実験した資料数は、①考古学的に完全な中国様式をふまえた三角縁神獣鏡6面、②日本の模倣作と考えられる鏡1面、③さらに中国製に近いが若干中国鏡の様式から逸脱している鏡1面である。

まず①中国様式鏡6面については、グラフのとおり、完全に漢鏡分布域に収まった。さらにもう少し詳細にみると、その分布は神獣鏡の分布域に収束しており、中国鏡のなかでもとくに神獣鏡との近似を十分に想定できる結果となった。

次に②模倣作は先の5面と全く異なり、Sb/Sn値・Ag/Sn値いずれも大きく、完全に日本鏡の分布域に収まった。また③若干中国様式を逸脱している1面については、模倣作よりわずかに中国鏡寄りではあるものの完全に日本鏡分布域に入った。したがって、考古学的検討では議論が分かれるこの鏡も成分特性では、完全に日本鏡に属することが判明した。

VII. まとめ ー今後の課題ー

以上の実験結果をもとに三角縁神獣鏡の状況をまとめると、考古学的に中国様式として「舶載鏡」と分類されていた鏡は、中国の神獣鏡ときわめて近似しており、逆に様式を逸脱している鏡は日本鏡と近似することが想定できる。すなわち前者は中国神獣鏡とほぼ同じ産

地の原材料を用いて製作された鏡であり、後者は日本鏡と同じ状況で製作された鏡と言い換えることが可能である。例数が少ないながら有力な仮説となりうる実験結果であろう。

三角縁神獣鏡が製作された時代は、ちょうど卑弥呼が魏と交渉をもった時期に重なっており、以前は三角縁神獣鏡を卑弥呼が魏より下賜された鏡であると考えられたこともあった。今回までの実験により、神獣鏡と非常に近い材質であることが判明したが、この当時魏では神獣鏡以外の鏡が多く製作されている。今回までの実験では、神獣鏡以外の鏡のデータが極端に少なく、今後神獣鏡以外の魏製作鏡実験数を増加させることによって、舶載三角縁神獣鏡の原材料産地および製作地について、さらに明確にする必要がある。

また、現状では日本で模倣製作されたと考えられる三角縁神獣鏡の実験数が少なく、今後三角縁神獣鏡製作の展開を考える上で、模倣製作鏡あるいは舶載と模倣の中間的な鏡の実験数を増加させていきたい。

以上、中国及び日本の古代青銅鏡の蛍光分析を通して判明したことを記したが、これは従来の蛍光分析では全く成し得なかった成果と自負する。さらに成分分析の王道たる破壊を伴う化学分析では実現できなかった、考古学上の系統に沿った多数の資料を分析できた点も見逃すことができない。この点でもSpring-8でしか実現できなかった成果と考える次第である。

