日本の古代非鉄金属について

久 野 雄一郎*

1. は じ め に

人類と金属との付き合いは紀元前数千年に始まるといわれるが、人類が使用する金属はその量を年々増すだけでなく、その種類をも増すことによって人類社会を発展させて来た。この発展は、金属学の急速な進歩によって支えられたのであるが、この進歩に平行して古代金属に研究の目が向けられて久しい。ここで古代とは厳密な意味での時代区分ではなく、江戸期以前として用いる。

古代金属研究件数は、近年世界的に増加しているが、それは世界的に進められつつある土地開発に伴う遺跡発掘件数の増加や、高度な探査機器開発による調査精度の向上の結果といえよう。しかし、日本と欧米とにおける古代金属研究の状況を比べると、欧米は質と量とにおいて、日本よりはるかに充実している。

欧米では早くから出土品の保存処理を行い、温度や湿度などの保管環境の変化による出土品の変質や変形を防いで来た。保存処理を行う場合、出土品の現状を把握するために出土品の一部を破壊し、調査用試料を採取して調査する。保存処理に永い歴史を持つ欧米は、豊富な知見を蓄積しており、Archaeometallurgy(考古冶金学)と呼ばれる学問分野を形成し、関連学会も活発に活動している。

これに対して、日本では保存処理の日が浅いため、欧米に比べて調査結果の蓄積は少ない。また、日本では文化財保護法が出土品の現状変更を制限していることや、調査のため出土品を傷つけることに対する宗教的、心理的な抵抗があるため、調査件数が増加しにくい事情がある。このような状況は、中国など東アジア諸国においても同様であろう。

研究対象の材質という点から鉄と非鉄とを比べると、前者の研究件数の方が後者より多い。それは、出土品の

数の多少ということのほか、鉄の腐食状況が非鉄に比べて激しいので、心理的に試料を採取し易いことも考えられる。非鉄製出土品には、腐食が殆んど認められない場合が多く、美術工芸的に価値が高いため、試料採取は困難で未調査に終るケースが多い。日本においても、近年、保存処理が積極的に行われるようになり、また、分析機器の精度が向上した結果、非破壊分析や微量の試料での分析が可能になったこと、さらに、試料を採取した箇所を修復する技術が飛躍的に向上したことの結果、古代金属についての知見は年々増加しつつある。

日本古代のFeの研究は明治時代から行われ、俵⁽¹⁾などの優れた研究がある。最近では、たたら研究会⁽²⁾、東京工業大学製鉄史研究会⁽³⁾などによる古代製鉄法の研究や、出土品の金属学的研究が積極的に行われており、多くの報告がなされている。したがって、Fe製出土品については、それら研究諸書にゆずり、小稿においては、筆者が調査したCu合金製出土品を中心にして、古代日本において、どのような非鉄金属が、どのように用いられたかについて述べる。

2. Au

1984年、大峰山寺(奈良県吉野郡)の改修工事の際、地中から菩薩形坐像と阿弥陀如来坐像が1体ずつ出土した。その像高と重さは、それぞれ、32 mm, 28.8 mm, 25.71 g, 32.0 gであり小型である。製作年代は、10~11世紀と推定され、Au製である。このような小型のAu製仏像は、あとで述べるもう1体の仏像と合わせて、3体しか知られておらず、当時の貴族が信仰のため絶えず身に付けていたものと考えられている。

外観観察の結果、いずれもAu製中実鋳物であり、蛸型原型を土で固めて焼成し、蛸を流出させて出来た空間にAuを流し込んだものと考えられる。頭部を斜め下に向けて鋳型を置き、座部からAuを流し込んだものと考えられる。腰部には、鋳型温度の不均一によって生じた大きな収縮孔が認められる。座部の凝固面は収縮のため凹面である。鋳肌の大部分は研磨されているが、その条痕は粗く、腕や手は研磨されず鋳肌を残している。蛍光X線分析法により、座部の凝固面を測定面として、非

* 三宝伸銅工業(株)取締役社長

On the Non-ferrous Metal Artifacts in Ancient Japan;
Yuichiro Kuno (Sambo Copper Alloy Co., Ltd., Sakai)
Keywords: gold casting, Buddha images, copper epitaph,
arsenic copper, ancient nickel silver, ancient solder, gilt
harness

1989年3月17日受理

表 1 出土品の組成。(mass %)

出土品名	Cu	Sn	Pb	Zn	As	Sb	Fe	Ag	Au	Ni
菩薩像(大峰山寺)	< 0.2						< 0.9	8~10	88-90	
阿弥陀像(同上)	< 0.5						< 0.1	7~9	89-92	
菩薩像(楞嚴寺)	0.58		< 0.1	0.33			0.13	8.77	90.18	
太安万侶墓誌	99±0.5	< 0.01	< 0.2			0.02		0.33	0.02	
東大寺大仏関係品										
赤銅色部	96.39	< 0.05	0.06		1.77	0.006		0.19		
銀白色部	76.62	17.70	0.51		2.92	0.26		0.11		
黄色部	90.30	4.32	0.54		3.18	0.20		0.18		
風 鐸	64.75	0.16	11.99	0.032	13.81	0.13	0.76			
相 輪	47.37	0.81	4.96	0.02	16.94		21.49			
Cu-Zn 合金片	76.80	0.42	0.61	21.03	0.03	0.006	0.23			
Cu-Ni-Zn 線	60.92	0.41	0.59	23.50			0.95	0.021		13.66
Pb-Sn 糸ろう材	1.39	42.0	残部	0.02		2.40				
藤ノ木古墳馬具 Cu 板	>99				0.1		0.1	0.2		

破壊定量分析を行い、表 1 に示す結果を得た。測定面の研磨が行えなかったため、分析精度は高くない。

大峰山寺出土仏像につづいて、1987年、楞嚴寺(りょうごんじ、山口県徳山市)に伝わる金造菩薩形坐像を調査した。11~12世紀の作と推定される。像高 42.9 mm、重さ 35 g の小仏像であり、1853年、同市日尾山山頂で見出された。Au 製中空鋳物であり、座部で開口している。割り型と中子とを組み合わせて鋳造したもので、胸部に大きな収縮孔が認められる。試料は座部内壁の一部を削って採取し、ICP 分析法によって定量分析した。その結果は表 1 に示すとおりである。

以上の結果から、3 体の仏像はいずれも、約 10% の Ag を含む Au で鋳造されているので、砂金を原料にしたものと考えられる。生成年代の古い鉱脈が風化して出来た砂金には、10%前後の Ag が含まれることから、仏像の原料産地を考える上での情報となろう。

3. Cu

1979年、奈良市此瀬町の茶畑で小さい墓が見付かったが、その墓の中から古事記の編者とされる太安万侶の名を刻んだ Cu 製墓誌が出土した。墓誌には名前のほかに、養老 7 年(723年)12月15日という日付など 41 文字が刻み込まれていた。歴史研究上での貴重な出土品となった。墓誌は、長辺 291 mm、短辺 61 mm、の長方形で厚さは、右側約 1 mm、左側約 0.5 mm で均一ではない。重さは 76.52 g である。左辺が僅かに欠落しているのみで、全体として腐食や変色は少なく、外観から材質は Cu であると判断された。

欠落していた微小片を調査試料として、その断面を EPMA によって観察した。試料断面には典型的な多角形の Cu 再結晶組織が認められた。結晶粒の大きさは均一でなく、焼鈍双晶が認められ、結晶粒界には直径約 5 μm の球状 Pb 粒子が認められた。EPMA による定量

分析結果は、表 1 のとおりである。

分析結果から、この墓誌の原料は硫化銅鉱を製錬した Cu が使われたのではなく、自然銅、もしくは、不純物の少ない酸化銅鉱を還元して得た Cu を原料としたと考える。微量含まれている Pb は不純物ではなく、加工性改善のための添加元素であると考えられる。墓誌は鍛造された後、焼鈍されている。

4. Cu-Sn 型 合 金

古代の非鉄金属を代表する合金は、何といても青銅であろう。日本は殷周時代に中国で栄えた青銅器文化を受容し、日本人の感性に合わせて独自の青銅器文化を造り上げた。現在、青銅といえば、Cu-Sn の 2 元合金を考えるが、古代の青銅は中国、日本いずれにおいても、Cu-Sn-Pb の 3 元合金である。今日に比べて金属の入手が容易でなかった古代において、何故 2 元ではなく、3 元の青銅が作られたのかはわかっていない。現在の知識で推測すると、Pb の添加により溶解温度を低くする、鋳造巣を少なくする、被削性を高めることなどが理由に挙げられる。近重⁽⁴⁾は、青銅鏡を鋳造する際、鋳造直前に溶湯中に Pb を投入すれば欠陥のない鏡を鋳造出来ると体験を語っている。

一方、日本の古代青銅品の分析例を見て気付くことは、例外なく、As が含まれていることである。日本を含めた東アジア諸国における古代の Cu 合金の組成の推移を知るには、1911年、甲賀⁽⁵⁾が報告した東アジア諸国の年代ごとの貨幣分析表が有用である。この表によると、日本の和銅開珎に含まれる As は微量であるのに対して、天平宝字 4 年の萬年通宝以後の貨幣には、As が多量含まれていることに気付く。

これに反して、中国銭、安南銭には As, Sb ともに殆んど含まれていないことを指摘し、甲賀は白目(しろめ、As-Sb-Cu 混合物)を用いた日本独特の鋳造法の結果で

あろうと述べている。甲賀のこの指摘は、明治初年お雇い技師として甲賀と同じ造幣局に勤務した英国人ガウランドの考えに従ったものと考えられる。英国で採鉱冶金学を修めたガウランドは日本滞在中、精力的に日本の古墳と遺跡の調査や出土品の分析を行ったが、その活動の中で日本青銅器に含まれる As の意義についての考察を行った⁶⁾。古代中国貨幣の定量分析は道野⁷⁾によっても行われ、76 点の検体中の As は痕跡であるとする道野の結果は甲賀の結果と一致する。しかし、道野が分析した中国古代武器には As を含む例も見られるので、甲賀の考えどおりではないが、全体として甲賀が考えた傾向は認められる。

日本独特の青銅铸件である弥生時代の銅鐸に始まり、現在においても日本では铸件に As を添加している。現在、美術工芸用青銅铸件を铸造する際、豊後白目と呼ばれる As 合金を溶湯に添加しているが、As には文様を鮮明に浮き立たせ、渋味のある色を出す効果があるためである。萬年通宝以後の日本の貨幣に As が多く含まれている理由は、後節で述べるように、東大寺大仏铸造に関連しているものと考えられる。

銅鐸などの分析結果から、大仏铸造以前の青銅器には、自然銅や不純物の少ない酸化銅鉱を製錬した Cu が用いられたものと考えられる。そして、大仏铸造の時期から As を含んだ Cu 鉱石の製錬が始まり、硫化銅鉱が製錬されたのは、さらに時代が下がるものと考えられる。

日本の考古学者の多くは、奈良時代以前の日本に金属製錬技術がなかったため、この時期の青銅器原料はすべて中国などから輸入したと考えている。しかし、日本の青銅器と中国などの青銅器中の As 濃度には有意差があることを考えると、上の考えは成り立ち難い。このように、铸件の品質や青銅器文化の系譜を考える上で As の意義は大きい。

5. 東大寺大仏関係品

1988 年、東大寺大仏殿西廻廊隣接地(奈良市)を発掘中、地下約 6 m にある奈良時代の整地層から、236 点の木簡とともに Cu 塊、木炭、炉材破片が多数出土した。木簡には、Cu の重さのほか、かまど番号や作業者名などが記されており、Cu 塊が大仏铸造関係品である可能性が極めて高いと考えられている。

Cu 塊表面を拡大して観察すると、赤銅色の表面の中に銀白色、黄色を呈する個所が認められた。これら色調の異なる 3 個所をそれぞれ削った試料を、ICP 分析法によって定量分析した。その結果は、表 1 のとおりである。この結果は、Cu と Sn とが炉内で加熱され、融点の低い Sn から溶解し始めて、Cu と合金を作って行く過程を示している。銀白色の個所は、温度の上昇に従って、Sn が赤銅色の Cu 原料と青銅を形成する初期段

階に当たる Sn 濃度の高い部分であり、目的の濃度に近い段階に達した個所は黄色を呈しているのである。この推測は、黄色を呈する個所の組成が、過去になされた大仏の分析値⁸⁾の範囲内にはほぼ入っている事実によって確かめられた。

かまどの破損を記した木簡が出土していることを考えると、この Cu 塊は青銅溶解作業が何らかの理由で中断されたため生じたものであろう。Cu 塊には東大寺大仏と同じく、有意濃度の As が含まれている点に注目すべきである。この事実はこれらの Cu 原料産地を考える上で重要である。

続日本紀には、698 年、周防国(山口県)から Cu が朝廷に献上されたと記録されている。この地方の古文書である防長風土注進案には、長登鉱山(山口県美祢郡)から採れた Cu が東大寺大仏の铸造のために献上されたと記録されており、このことを記念する祭事が今なお、行われている。また、この鉱山周辺には Cu 鉱滓の大きな堆積が残されており、その中から奈良時代の土器が出土するので、その当時、Cu 製錬が行われていたことは明らかであろう。

1980 年、長登周辺の Cu 鉱滓を調査したところ、滓の中に球状の Cu-As 粒子が多数含まれているのを EPMA で認めた。また、同鉱山の鉱床は、スカルン型鉱床であるので産出する鉱石には、Cu, As のほか、 CaCO_3 が含まれている。この型の鉱石は、鉱石自身の中にフラックスとして働く CaCO_3 を含んでいるので製錬が容易であるため、昇温技術が十分に発達していなかった奈良時代に Cu の主要鉱石として製錬されたと考えて良い。このように、長登鉱山の Cu 鉱石と鉱滓、大仏殿西廻廊横出土 Cu 塊、東大寺大仏の 4 者には共通して有意濃度の As が含まれており、特に Cu 塊中の As 濃度と大仏中の As 濃度との間に強い近似性が認められることから、Cu 塊が東大寺大仏铸造用 Cu 原料の一部であり、その産地を示唆する有力な根拠となる。

また、この Cu 塊に含まれる Pb の同位体比が長登鉱山に近い都茂鉱山(島根県美濃郡)産方鉛鉱の同位体比に近い値を示すことは、風土記の信頼性をさらに高める。

6. Cu-As 型合金

As は Cu の最重要特性である電導性にとって有害であるので、現行の Cu 合金では用途が限られ、僅かに蒸気機関車の火室材料として使用されていたが、蒸気機関車とともに姿を消して久しく、今では Cu-As 合金の特性を便覧などで知ることが難しくなっている。

1986 年、大寺廃寺(埼玉県日高町)遺跡から出土した平安時代の作とされる風鐸を調査した。試料採取のための切断作業は困難で、銀白色の切断面は高 Sn 青銅を思わせた。分析結果は表 1 のとおりである。Sn 濃度から

この風鐸は青銅に属さず、As, Pb 濃度が本例のように高い報告例は数少ない。

金属組織は、 α, β の 2 相から成る樹枝状組織である。球状の Pb 粒子の一部は腐食され、 PbCO_3 の鱗状結晶に変化している。Fe は Fe-As の針状結晶として存在するが、これが切断作業を困難にしたと考える。Pb 同位体比は、別子型鉱床鉛の範囲内に入る。

引き続いて調査した勝呂廃寺(埼玉県坂戸市)出土の相輪も風鐸の場合と同様、切断が困難で切断面は銀白色であり、高 Sn 青銅を思わせた。分析の結果、組成は表 1 に示すとおり、Fe, As 濃度がともに高く前例を見ない。金属組織は、Cu-As-Sb-O 型のマトリックス中に、 $3\text{Fe}-2\text{As}-\text{Cu}$ 型の樹枝状結晶が存在している。相輪には磁性があるが、Fe 濃度が高いためである。Pb 同位体比は別子型鉱床鉛の範囲内に入る。

大浦遺跡(徳島市)から、11 世紀頃と推定される製鉄遺跡とともに、密教用仏具の鋳型や Cu 鋳滓が多数出土した。Cu 鋳滓断面を EPMA で観察したところ、組織はウスタイト、ファラライトとガラス質から成るが、その中に Cu-4%As 粒子が認められ、Cu-Fe-As 系鉱石の製錬、もしくは、同型の鋳物の鋳造が行われていたものと考えられる。

これらの 3 例は、日本で Cu-Sn 型合金とは別の Cu-As 型合金を使用し、主に仏教関連の鋳物が鋳造されていたことを示している。

7. Cu-Zn 型 合 金

現在、汎用合金になっている Cu-Zn 型合金がヨーロッパでは長い歴史を持っているのに対して、中国では比較的新しい合金と考えられている。

道野が中国古代貨幣中に Zn が含まれている貨幣を後世の偽造であると考えた根拠は、Zn が比較的新しい金属であるとする考えに基づいたためであろう。日本では中国よりさらに新しく、慶長 4 年(1599 年)京都で始まったと教えられて来た。

1988 年、野中寺(やちゅうじ、大阪府羽曳野市)から、7 世紀のものと推定される炉跡とともに板状 Cu 合金片と Cu 滓が出土した。板状片は、厚さ約 0.6 mm の板を 2 枚重ねたものである。破断面の光沢から Cu-Zn 型合金であることが予想され、表 1 に示す結果によって確かめられた。金属組織は再結晶組織を示している。

8. Cu-Ni-Zn 型 合 金

この合金は洋白と呼ばれ、通信器用ばね材やフォーク、スプーンなどの食器に広く用いられているが、ナポレオン皇帝が作らせた合金と伝えられている。

1979 年、末永雅雄博士所蔵の古代刀剣中、古墳時代

のものと推定される頭槌太刀破片を調査した。試料は全面、土質と鉄錆とでおおわれているが、切断面を観察すると、内部に腐食した刀身が認められた。鞘は消失しているが、鞘の外側に巻き付けられた Cu 環は残存していた。この環は、厚さ 0.8 mm、幅 36 mm の Cu 板を環状に曲げ、板の端を白色金属で、ろう付けしたものである。この環と刀身の間に断面 $1\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ 、長さ 50 mm の銀白色の金属線が差し込まれていた。成分の定量分析の結果は表 1 のとおりであり、洋白の組成に属する。腐食による若干の変色が認められる断面の金属組織は 1 相であり、再結晶組織を示している。EPMA により、組織中の介在物は Mn を含んだ ZnS 粒子であることが確かめられた。この介在物は、閃亜鉛鉱など Zn 鉱石粒子であって、未製錬のまま Zn に含まれ装入されたものと考えられる。Pb 同位体比は、別子型鉱床鉛の値の範囲内に入る。太刀用金具として、この線がどのような役割を果たしたかは不明である。しかし、この結果が洋白製造の年代を、Cu-Zn と同様、通説の年代よりはるか以前にさかのぼらせたことは明らかである。

9. Pb-Sn 型 軟ろう材

8. において触れた Cu 環のろう付けに用いられた銀白色のろう材を削り取り、成分の定量分析を行い、表 1 に示す結果を得た。この結果は、現在、はんだと呼ばれ広く使用されている軟ろう材の組成に近い。このろう材に含まれる Pb 同位体比の値は、洋白線と同じく別子型鉱床鉛の範囲内に入る。

10. 藤ノ木古墳出土馬具

1985 年、藤ノ木古墳(奈良県斑鳩町)の石室内から石棺とともに、多数の精巧な作りの金属製馬具が出土し全国的話題となった。石棺は数少ない未盗掘石棺であり、1988 年に石棺内調査が行われ、金めっきが施された装身具が多数出土した。これら装身具の調査は今後行われる予定であるが、馬具の一部を 1986 年に調査した。馬具はいずれも、厚さ約 0.7 mm の Cu 板を加工し、その表面には金めっきが施してある。

断面を EPMA によって調査した結果、Cu の純度は 99% に近く、微量の Ag を含んでいるので、自然銅を原料にしたものであろうと推測された。金属組織は再結晶組織を示している(図 1、図 2)。表面のめっき層の厚さは、約 $5\text{ }\mu\text{m}$ であり、この層の X 線像は、Au と Hg の存在を示すため、金アマルガム法を用いて、めっきを施したことが確かめられた。

また、これら馬具に用いられている小さい鋳の材質は、Fe または Cu であり、いずれも Ag 箔で包まれている。

図1 藤ノ木古墳出土，馬具円形凹み文様断面組織。

図2 藤ノ木古墳出土，馬具曲面の断面組織。

11. Pb 同位体比法

Pb には、質量数204, 206, 207, 208の4種の同位体が存在し、その同位体組成は、Pbを含む鉱床の生成条件の違いによって差異を生じる。この原理を利用したPb同位体比法⁽⁹⁾は、50年近く前から地質学の分野で応用

され鉱床生成条件の解明に用いられて来た。4種のPb同位体成分は、表面電離型質量分析器により測定される。

Brill⁽¹⁰⁾は、この方法を古代Pb製品に応用し、その産地推定を試みた。すなわち、Pb製品のPb同位体比と、位置の確定した鉱床のPb同位体比とを比べることによりPbの産地を推定する。Brillは、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ の2変量によって識別した。日本では、山崎(名古屋大学)ら⁽¹¹⁾が、この方法を青銅器に応用し、馬淵(東京国立文化財研究所)ら⁽¹²⁾も多数の青銅器のPb同位体比を測定した。本稿中の資料のPb同位体比は、表2に示すとおりである。比較のため、佐々木ら⁽¹³⁾の測定結果を併記した。

しかし、現状では、東アジア地域における鉱床鉛の全容がわかっていないこと、同一鉱山でも値の異なる複数の鉱床が存在すること、青銅器中のPbは産地や履歴の異なる複数のPbが混合している可能性を無視出来ないこと、2変量でなく3変量(^{204}Pb を基準として、 ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb の相対比を変量とする)で統計的にデータを処理した場合、異なった結果になる例があることなど解決すべき課題が多い。したがって、現状では、測定値が含まれる鉱床クラスターを示すにとどまっている。

考古学者の中には、Pb同位体比値がわかればCu, Snを含めた青銅原料産地がわかると考える研究者がいるが、これは間違いである。

12. ま と め

以上が最近、日本で出土した非鉄金属製出土品の調査例の一部である。青銅器時代という言葉から、古代におけるCu合金は青銅のみであると思込み勝ちであるが、これら少数の調査例からも、この考えが誤りであることがわかる。洋の東西を問わず、古代の人々は、その当時の資源状況や技術水準を最大限に活用し、さまざまな合金を開発し、その加工法に工夫と改良を加えて精巧な金属製品を製作していたことは明らかである。

1例を6.において述べたCu-As型合金にとろう。今日、この型の合金に接することは殆んどなくなったが、

表2 Pb同位体比測定結果。

品 名	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	備 考
東大寺大仏殿関係品	18.47	15.61	38.51	0.845	2.085	佐々木 昭 文献(13)
長登鉱山(山口県)銅滓	18.41	15.59	38.46	0.847	2.089	
都茂鉱山(島根県)方鉛鉱	18.485	15.606	38.554	—	—	
風 鐸	18.20	15.27	37.55	0.839	2.063	
相 輪	18.17	15.28	37.58	0.841	2.068	
Cu-Ni-Zn 線	18.27	15.42	37.78	0.844	2.065	文献(13)
Pb-Sn 系ろう材	18.77	15.69	38.59	0.863	2.056	
飯盛鉱山(和歌山県)黄鉄鉱	18.268	15.44	37.82	—	—	
千原鉱山(愛媛県)黄鉄鉱	18.842	15.59	38.56	—	—	文献(13)

紀元前3000年頃には、エジプト、イランからイペリア半島を経て、ブリテンに至る地域では、Cu-Sn 型合金以上に代表的な合金であった。

Cu の合金元素として、As が Sn と同じ働きをすることを当時の工人は知っていたからである。As は溶湯を脱酸し、合金強度を高め、銀白色を呈し、かつ、大気中において変色しにくいいため、大気中で容易に変色する Ag に代る安価な合金として、Au に代る Cu-Zn 型合金と同様、Sn の入手が困難であった地域において考え出されたと、Eaton ら⁽¹⁴⁾は考えている。

藤ノ木古墳の馬具に見られる Cu の表面に Au アマルガムを焼き付けて黄金の輝きを得たように、Cu の表面に、As を焼き付けたり、逆偏析鋳造法によって、表面の As 濃度が15~20%になるように鋳造し、白銀の輝きを得る技術をも修得していたと Eaton は述べている。

日本においても、これに似た技法で銀白色の鋳物が鋳造され、仏塔を飾っていたことが明らかになった。7. と 8. とにおいて述べた例は、従来の通説が今後訂正される可能性を示したものとといえよう。

合金においては、複数の産地の Pb が混合使用されている可能性が強いので、Pb の同位体比の値から直ちに、その産地がわかるものではないが、青銅中への Pb の添加は、後世における同位体比法による Pb 産地推定を、ある程度可能にしている点で、添加元素としての Pb の意義は見逃せない。

古代金属研究の重要性が強調されて、され過ぎることはないと考える。

おわりに、貴重な調査の機会をお与え頂いた、末永雅雄博士、奈良県立橿原考古学研究所、楞嚴寺、埼玉県教育委員会、徳島市教育委員会、ならびに、羽曳野市教育委員会に感謝する。

文 献

- (1) 俵 国一：古来の砂鉄製錬法，丸善，(1933)。
- (2) たたら研究会編：日本製鉄史論集，たたら研究会，(1983)。
- (3) 東京工業大学製鉄史研究会編：古代日本の鉄と社会，平凡社，(1982)。
- (4) 近重眞澄：金属，7(1937)，456。
- (5) 甲賀宣政：水旺会誌，8(1911)，517。
- (6) ウィリアム・ガウランド：日本鉱業会誌，128(1895)，395；129(1895)，425。
- (7) 道野鶴松：古代金属文化史，朝倉書店，(1967)，61。
- (8) 石野 亨：鋳造，産業技術センター，(1977)，137。
- (9) G. Faure: *Principles of Isotope Geology*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, (1986), 309。
- (10) R. H. Brill, J. M. Wampler: *Application of Science in Examination of Works of Art*, Museum of Fine Arts, Boston, (1965), 155。
- (11) 山崎一雄，室住正世，中村精次，日向 誠，湯浅光秋：日本化学会誌，8(1978)，1112。
- (12) 馬淵久夫，平尾良光，西田守夫：古文化財の自然科学的研究，同朋舎，(1984)，388。
- (13) 佐々木 昭，佐藤和郎，G. L. カミング：鉱山地質，32(1982)，457。
- (14) E. R. Eaton and H. McKerrell: *World Archaeology*, 8(1976)，169。

掲 示 板 (1)

教官公募—東京農工大学工学部機械システム工学科

1. 職名，人数：助教授(または講師)，1 名
2. 所属部門：主要教育研究分野：機械材料学
(所属大講座名：システム基礎解析)
3. 専門分野：機械材料学
「金属材料を主体とした機械構造用材料
(複合材料を含む)」
4. 関連分野：機械工学・金属材料学
5. 応募資格：博士の学位を有し，大学院(博士課程)の教育・研究も担当できる方
6. 着任時期：1990年4月1日を予定
7. 提出書類：履歴書(写真貼付)，研究業績リスト，主要研究業績の別刷(コピーでも可)，推薦書(自薦も可)
8. 応募締切：1989年10月31日
9. 書類送付先および問合せ先：

〒184 東京都小金井市中町2-24-16
東京農工大学工学部機械システム工学科

仁田周一

(提出書類は「書留」で郵送のこと)

電話：0423-81-4221(内線433)

FAX: 0423-84-3804(工学部共通)

東北大学金属材料研究所・助手公募

1. 職名，人数：助手，1 名
2. 所属部門：超伝導材料開発施設
3. 仕事の内容：
 - (1) 施設共同利用者ととの共同研究および共同利用者へのサービス業務
 - (2) 酸化物超伝導体および従来型超伝導体の臨界電流密度の改善およびその基礎研究
4. 着任時期：決定後できる限り早期
5. 資格(期待)：サービス精神と研究意欲が十分にある若い研究者
6. 提出書類：履歴書，研究業績リスト，主要論文リスト，本人の抱負を記した書類，推薦状(または本人についての所見を求めうる方の氏名(2 名))
7. 応募締切：1989年9月末
8. 書類送付先：〒980 仙台市青葉区片平 2-1-1
東北大学金属材料研究所 超伝導材料開発施設
施設長 武藤芳雄
9. その他：
 - (1) 採用者は渡辺和雄講師とともに研究を行う
 - (2) 適任者がいないときは決定を保留致します