

前近代の銅生産遺跡に関する基礎的研究

川野邊 渉

1. はじめに

わが国における銅の利用は、弥生時代に始まり多くの武器・利器・生活用具などを提供してきた。しかし、これらの銅がどのような鉱石・燃料を用いてどのような設備・集団によって生産・加工されてきたかということに関しては、余り研究がされていない。なかでも、わが国における銅の精錬技術そのものに関する研究は少ないようである(中口:1972)。

銅の精錬は、自然銅の利用にはじまり、孔雀石($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$)や藍銅鉱($2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$)などのように還元し易く、容易に銅を手に入れることができる鉱石の利用に進んだと考えられる。しかし、わが国における主要な銅鉱石は、黄銅鉱(CuFeS_2)や輝銅鉱(Cu_2S)の硫化鉱であるから、なんらかの手段で硫黄や鉄分を除くことが必要となる。当初の段階では、硫化鉱を酸化雰囲気下で加熱し硫黄分を二酸化硫黄として除去して酸化鉱を得、それを還元して銅を得ていたと考えられる。その後、まず硫化銅を硫化鉄と溶け合った状態(いわゆるカワ)で脈石(カラミ)と分離し、カワを酸化精錬することにより銅を得る方法(二段階精錬)にたどりついたと考えられる。

硫化鉱の利用が開始された時期と二段階精錬が取り入れられた時期には銅の生産量の増大と価格の低下を生じたと考えられ、経済史的に銅の価格や流通量からその時期を決定できる可能性があるが、基本的史料の不足からかなりのばらつきがあるようである。自然科学的には、銅滓中への鉄分や硫黄分の残留から硫化鉱の利用開始時期については検討できるが、二段階精錬の開始時期に関しては、遺構との関係などを踏まえて判断すべきであると考えられる。わが国においても、自然銅の利用により開始され、酸化銅・炭酸銅の利用を経て硫化銅鉱の利用に至ったのかどうか、わが国の銅鉱石の大部分を占める黄銅鉱の利用はいつごろから開始されたのか、製錬技術はどのようなものであったのかなど、多くの問題点が残されている。そこで、わが国における銅生産技術に関して基礎的な資料を得るために、銅生産に関連すると思われる遺跡の抽出とそれらの遺跡の分類、およびそれらの遺跡から出土した銅滓の収集とその化学組成・鉱物組成の検討を行なった。銅滓を試料としたのは、銅滓が銅生産の副産物であり、原料や技法の特徴に関する情報を色濃く残していると考えたためである。

2. 銅生産関連遺跡の分布

ここで取り扱った銅関連遺跡は、銅滓もしくは原料としての銅を出土したものの及び、他の根拠で銅

生産に関与したとされる遺跡をさしている。銅鐸や銅剣等の銅製品のみを出土した遺跡と近代において操業された鉱山・精錬所などは除いて検討した。その結果、14都府県から59遺跡が見いだされた(表1)。

表1. 銅関連遺跡一覧
Table 1. Copper-making remains

遺 跡	所 在 地	年 代	遺物・遺構
鹿ノ子	茨城県 石岡市	9世紀	鉄滓・銅粒
谷津	千葉県 千葉市	平安	銅滓・鋳型
鐘つき堂	千葉市	平安	鍛冶滓・銅滓・坩堝・羽口
小山城址	千葉市	平安	鉄滓・銅滓・銅塊・羽口
上総国分尼寺	市原市	奈良・平安	鍛冶滓・銅滓・鋳型
金谷製銅跡	市原市	中世	銅滓
石川城郭跡	市川市	中世	鍛冶滓・銅付着土器
大谷口城址	松戸市	中世	土器付着溶解銭
臼井城址	佐倉市	中世	鍛冶滓・銅付着土器
公津原	成田市	平安	鍛冶滓・銅付着土器
向台	栄町	奈良	鍛冶滓・銅滓・羽口
大畑 I	栄町	古墳	鍛冶滓・銅付着土器
大野五郎右衛門	木更津市	中・近世	鋳銅滓
砂田中台	大網白里町	奈良・平安	銅滓・坩堝
台耕地	埼玉県 花園町	平安	鉄滓・銅粒・鋳型・羽口
宮ノ越	狭山市	平安	鉄滓・銅製品
赤堀	東京都 武蔵村山市	10世紀後半	銅塊・鉄塊・鉄器
上郷深田	神奈川県横浜市	8世紀	銅粒・鉄滓・鉄器溶銅炉
西山製鉄遺跡	愛知県 春日井市		銅滓
高井寺	大阪府 柏原市	7世紀前半	銅滓・鉄滓・羽口
船橋	柏原市	8世紀	銅滓・羽口
東奈良	茨木市	弥生中期	銅滓・鋳型・羽口
石垣山	兵庫県 中町	中世末, 近世末	カラミ・鉛片・工具
多田	加美町	中世末	カラミ・銅片
多可寺	中町	奈良末～平安初	カラミ
高耕田	大屋町	江戸	銅滓・鉄滓
牧野大日	多可郡		カラミ・銅鉱
荒田神社	中町		カラミ
矢田ヶ谷銅製錬所跡	和歌山県田辺市		

表 1. (つづき) Table 1. (Continued)

遺 跡	所 在 地	年 代	遺物・遺構
目吉良銅製鍊所跡	田辺市		
東富田銅製鍊所跡	中辺路町		
椿銅製鍊所跡	中辺路町		
成川銅製鍊所跡	中辺路町		
瀬川銅製鍊所跡	中辺路町		
ズミハナ銅製鍊所跡	中辺路町		
広見川銅製鍊所跡	中辺路町		
湯川銅製鍊所跡	中辺路町		
嶋野銅製鍊所跡	大塔村		
すおうすぜんじ 周防鑄銭司	山口県 山口市	平安	銅滓・坩堝・羽口
鑄銭坊	山口市	平安	銅滓
糸根山	山口市	平安	銅滓
銭屋 ながのぼり	美東町	江戸	銅滓
長登	美東町	奈良～明治	銅滓・鉛滓・羽口
長門鑄銭所	下関市	奈良	銅滓・坩堝・羽口
鍛冶屋敷上・下	久賀町	室町	銅滓
鳥越	豊浦町		銅滓
周防国府 しもみぎた	防府市	古代～中世	銅滓・羽口
下右田	豊浦町	不明	銅滓
大浦	徳島県 徳島市	11世紀	鉄滓・銅滓・鑄型坩堝・羽口
森広	香川県 寒川町	弥生～古墳	銅滓・鉄滓
鉾ノ浦	福岡県 大宰府市	14世紀	銅滓・鑄型
須玖・永田	春日市	弥生後期	銅滓・銅塊・鑄型
徳力	北九州市	10世紀後半	銅滓
尾崎	北九州市	9世紀	銅滓
下徳力	北九州市		銅滓
小糸第一	北九州市		銅滓
増富	多久市		銅滓
小田	大分県 玖珠町	近世	銅滓
伊原	沖縄県 糸満市	14～16世紀	鉄滓・青銅品

2-1. 地域的分布

銅関連遺跡の存在した都府県は、茨城、千葉、埼玉、東京、神奈川、愛知、大阪、兵庫、和歌山、香川、徳島、山口、福岡、大分、沖縄であった。北海道・東北・北関東地方には、遺跡が認められな

かった。このような遺跡の偏在性は、前近代における銅生産の地域的偏在を示すばかりでなく、現段階での銅の生産遺跡に対する調査の進展をも反映している。

我国における銅の利用状況から考えれば、更に多くの銅関連遺跡が見出されてしかるべきであろう。

2-2. 時代的分布

時代的な分布は、弥生時代が3遺跡、奈良時代が10遺跡、平安時代が18遺跡、中世が11遺跡、近世が5遺跡であった。近世以降には、さらに多くの銅関連遺跡が存在すると思われるが、近世以降に成立した遺跡は近代まで継続したために遺跡として記録されなかったのではないだろうか。

3. 遺跡の性格による分類

これらの遺跡群は、銅を生産したときの廃棄物である銅滓や銅を出土し銅の製錬遺跡であると推定されるもの、銅滓や鋳型・銅粒などを出土し鋳銅遺跡であると推定されるものがある。反面、銅関連遺跡とするには根拠が薄弱なものも含んでいた。このうち、銅生産遺跡と判断されるものが8遺跡、銅鋳造遺跡であると判断されるものが21遺跡であった。

3-1. 銅の製錬を行なったと考えられる遺跡

遺跡の状況や文献上の記録もしくは、出土遺物から銅の精錬を伴っていたと考えられる遺跡はわずか4遺跡しか見いだすことができなかった。これに加え、銅滓の分析から明らかに銅の製錬が行なわれていたと考えられる遺跡が5遺跡存在した。石垣山遺跡、多田遺跡、銭屋遺跡、長登鉾山、二鹿鉾山、大浦遺跡、尾崎遺跡、増富遺跡、小糸遺跡。

3-2. 銅の鋳造を行なったと考えられる遺跡

銅の鋳造遺跡と想定される遺跡の出土遺物の組合せには、二種類ある。ひとつは、銅滓と鋳型、銅滓と坩堝あるいは銅付着土器を出土した遺跡であり、ひとつは、銅滓と羽口の出土した遺跡である。後者の羽口を出土した遺跡の場合、後に述べるような鉄の小鍛冶遺跡の存在についても検討する必要がある。徳島県の鋳造遺跡の銅滓の検討によって、銅滓を銅の鋳造によるものと精錬によるものとの区別ができれば、銅滓の分析から鋳造遺跡か製錬遺跡かの情報を得られる可能性がある。いくつかの鋳型の観察と内面の蛍光X線分析によれば、鋳型内面から銅の痕跡は見いだすことが出来なかった。これからこれらの鋳型が、未使用であった可能性と、鋳銅の鋳型ではなかった可能性が考えられる。しかし、銅の鋳造に際して、銅分が鋳型内面に残り難いのは、鋳造後の鋳型の分離を容易にし鋳型としては良い性質であると思われる。多可寺遺跡には、梵鐘鋳造跡とみられる方形遺構と、仏具鋳造跡とみられる小土壇が見いだされた。谷津遺跡、上総国分尼寺跡、大野五郎衛門、東奈良遺跡、砂田中台遺跡、鉾ノ浦遺跡、須玖・永田遺跡、船橋遺跡、周防鋳銭司、長登鉾山、長門鋳銭所、周防国府、小田遺跡。

3-3. 鉄と銅に関する遺物を共伴する遺跡

遺跡の状況から、鋳造遺跡もしくは、鍛冶遺跡とみられる遺跡がいくつか報告された。これらの遺

跡からは銅滓・銅素材と鍛冶滓が出土しているが、二つの可能性が考えられる。ひとつは、鍛冶滓とある種の銅滓は大変類似しているので、銅滓が鍛冶滓と判断されている場合である。この場合はこの遺跡が銅の精練遺跡であることがわかる。もう一つは、実際に鉄の鍛冶炉が存在していた場合で、鉄の鍛冶を行う技術者が銅の生産もしくは加工に関わっていたことになる。この場合には銅の生産や加工に鉄を必要としたものか類似の高温技術であるので、鉄と銅ともに扱ったのかは不明である。大浦遺跡では、精錬炉と鍛冶炉（大小の炉）各1が、上郷深田遺跡では、鉄の製錬炉と銅の溶解炉が見いだされている。鹿ノ子遺跡、鐘つき堂遺跡、小山城址、臼井城址、公津原遺跡、向台遺跡、大畑Ⅰ遺跡、台耕地遺跡、宮ノ越遺跡、上郷深田遺跡、高井寺遺跡、高耕田遺跡、森広遺跡。

3-4. 銅滓を出土するが、遺跡の性格が確定できない遺跡。

銅滓を出土するが、鋳型や製品が見いだされず、明確な炉跡も検出できなかった遺跡もいくつか報告された。

3-5. その他

高温を用いた形跡を有しながら、銅関連の遺物を出土せず銅の生産遺跡や鋳造遺跡であることが確認できない遺跡群が存在した。これらの遺跡群は和歌山県田辺市近辺に集中的に分布している遺跡群である。煙道を有し高温によって遺構内面にガラス化した部分が見られるが、ガラス質からは、銅・亜鉛・鉛・鉄などの金属を検出することが出来ず、炉体の石材が溶解したものであることがわかった。また、銅滓・鋳型・銅製品などを伴わないことから、鉄や銅の精練・加工とは異なるなんらかの高温技術を利用した遺跡群であると考えられる。

4. 銅滓の化学組成および鉱物組成

ICP（高周波励起プラズマ発光分光装置）および粉末X線回折によって、化学組成と鉱物組成とを求めた。結晶物としては、石英と珪酸鉄が主に見いだされた。これは、黄銅鉱中の鉄を石英との反応によって珪酸鉄の形で取り除いていたことを示しており、すでに奈良時代には、黄銅鉱の利用が基本的には現在と同じ原理によってなされていたことを示している。

今回分析した試料は、12遺跡62試料である。製鉄遺跡の場合のように遺跡の地域的あるいは時代的な相違が化学組成に反映した例を見いだすことはできなかった。むしろ、1遺跡から2、3種類の銅滓が検出され、同じグループの銅滓が各遺跡から見いだされる例が多かった。それらは、板状で緻密な黒灰色を呈するもの、やや厚みがあり泡を含み黒褐色を呈するもの、褐色で鍛冶滓に類似するものが過半数を占めている。さらに、黒曜石状のものや緑色を呈するものなど特徴あるものもあった。代表的な例を表2に示した。多くの遺跡において肉眼的に2ないし3種類に分類された銅滓は、化学組成的には鉄とアルミニウムの比率による分類に対応している。形態と化学組成が異なる銅滓がどのような工程に対応しているかは、現在のところ明らかにできていない。銅滓の融点測定から、作業温度は約1000℃内外と推定される。温度の面からは、容易に達成できたものと推定され、液状での反応で

表2. 銅滓の化学組成

Table 2. Chemical compositions of copper-slugs.

a. 薄片状・黒色・高密度

	長登鉾山	長登鉾山	銭屋遺跡	大浦遺跡	小糸遺跡	尾崎遺跡	増富遺跡	増富遺跡
Al	2.57	5.83	2.17	3.74	3.12	2.61	2.44	2.84
Ca	2.25	0.84	0.70	1.92	7.02	0.16	0.70	0.52
Cu	0.86	0.85	0.51	7.90	2.69	0.00	0.01	0.00
Fe	46.23	56.60	34.75	40.67	66.62	68.53	58.99	61.88
Mg	0.34	0.99	0.17	0.82	2.13	0.23	0.65	0.56
Mn	0.20	0.16	2.57	0.14	0.57	0.12	0.22	0.04
P	0.03	0.06	0.13	0.32	0.35	0.05	0.33	0.19
S	0.66	0.60	0.84	0.35	0.11	0.10	0.06	0.01
Ti	0.23	0.24	0.04	0.26	0.72	0.25	4.78	0.19
Zn	0.40	0.28	1.70	0.11	0.17	0.02	0.02	0.01
Pb	0.00	0.08	0.04	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00
Sn	0.00	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	1.22	0.15	1.88	1.36	1.67	0.17	1.07	0.95
K	0.69	0.85	0.31	0.82	0.82	0.06	0.67	0.28

b. 塊状・黒灰色・発泡性

	長登鉾山	銭屋遺跡	大浦遺跡
Al	4.25	3.77	2.91
Ca	0.40	1.26	0.28
Cu	0.81	0.25	0.40
Fe	32.15	32.24	37.08
Mg	0.73	0.69	0.28
Mn	0.17	0.30	0.03
P	0.14	0.18	0.20
S	0.48	1.49	0.05
Ti	0.15	0.17	0.11
Zn	0.22	1.04	0.00
Pb	0.12	0.00	0.03
Sn	0.01	0.06	0.01
Na	1.21	1.06	3.83
K	0.57	21.4	0.27

c. 塊状・茶褐色・鍛冶滓に類似

	長登鉾山	大浦遺跡	大浦遺跡
Al	0.99	1.54	2.32
Ca	6.52	0.33	0.79
Cu	2.34	0.08	0.12
Fe	45.34	63.93	58.39
Mg	0.25	0.20	0.41
Mn	0.27	0.03	0.07
P	0.04	0.12	0.21
S	2.36	0.07	0.10
Ti	0.07	0.06	0.15
Zn	6.64	0.01	0.02
Pb	0.00	0.00	0.00
Sn	0.00	0.00	0.00
Na	0.59	0.81	0.32
K	0.58	0.17	0.47

表2. (つづき) Table 2. (continued)

d. 黒灰色・厚板状・発泡性・低密度

e. その他

	石垣山遺跡	石垣山遺跡	石垣山遺跡	多田遺跡	長登鉱山	銭屋遺跡	小糸遺跡	長登鉱山
Al	10.97	11.15	6.70	5.45	2.12	6.61	4.75	3.14
Ca	0.75	1.36	0.96	0.43	16.53	2.17	16.65	8.62
Cu	1.23	0.95	0.73	0.41	0.47	0.26	0.56	1.60
Fe	27.52	26.85	16.22	40.80	25.27	24.49	16.79	36.02
Mg	0.21	0.26	0.32	0.37	0.25	0.62	1.17	0.33
Mn	0.51	0.53	0.32	0.22	0.25	0.22	0.53	0.37
P	0.06	0.08	0.07	0.17	0.10	0.14	0.06	0.16
S	0.77	0.77	0.28	0.60	0.25	1.18	0.21	0.37
Ti	0.18	0.20	0.18	0.19	0.08	0.22	0.22	0.14
Zn	2.30	1.75	0.29	0.15	1.18	0.50	0.05	1.20
Pb	0.03	0.09	0.22	0.00	1.31	0.13	0.00	5.21
Sn	0.08	3.28	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.08
Na	4.99	1.60	2.12	0.68	0.16	3.50	0.23	0.12
K	1.13	7.81	1.23	0.79	0.60	2.03	1.08	1.18

あることから、銅滓の化学組成には遺跡の地域的時代的立地より反応段階が反映しているものと考えられる。しかし、いくつかの遺跡では、遺跡特有の銅滓も見いだされており、今後、これらの特異な銅滓がどのような要因によって生成されるのか検討したい。

わが国の主要銅鉱石である黄銅鉱の利用は、銅滓中の鉄分と硫黄分によって推定できるが、分析した銅滓からは、高濃度の鉄分が見いだされ、かなり古くから黄銅鉱が利用されていたことが判明した。試料中最も遡るものは奈良時代末期の長登鉱山のものであったが、25.3%の鉄分を含み、明らかに黄銅鉱の利用が開始されていることが分かった。しかし、化学組成の時代的な系統的变化は、同一遺跡の試料においても見いだすことができなかった。原料や製錬方法の違いがあるので、一概には言えないが、現在の銅滓に比べて、鉄を多く含むものがあり、早くから効率的な銅の抽出が行なわれていたことがうかがえる。

5. 実験方法

化学組成は ICPS を用いて求めた。試料は、ダイヤモンドカッターで切り出し、内部の1gを100メッシュ以下に粉碎して用いた。この際炭素分などの酸不溶分を多く含む試料は、500°Cで2時間加熱した。試料100mgを王水20mlに加え加熱し、さらに沸酸に1ml加えて溶解する。この試料を定溶して、ICPSの試料とした。鉱物組成は、上記の試料の一部を用いてX線回折装置により測

定した。

付 記

本論に関連して、各地の遺跡から提供された銅片は、東京大学の原村博士に湿式分析をお願いした(表3)。その結果、過去に分析された青銅器の化学組成と比べて、多可寺遺跡や大浦遺跡のように多くの亜鉛を含む銅片が見いだされた。特に、大浦遺跡においては低亜鉛の素材も見いだされており、青銅製品への亜鉛の添加の形態と亜鉛合金の流通に関する貴重な試料であると考えられる。

表3. 遺跡出土銅片の化学組成(重量パーセント)
Table 3. Chemical compositions of copper piece (weight %)

	多可寺遺跡	多田遺跡	金折山窯跡	大浦遺跡	大浦遺跡
Sn	3.15	3.21	0.38	4.08	0.13
Pb	0.96	0.22	0.07	11.87	1.62
Cu	55.44	85.20	93.38	61.13	94.27
Zn	38.76	9.95	5.07	21.72	3.10
Fe	1.10	0.83	0.24	0.30	0.28
P	0.09	0.18	0.11	0.19	0.23
Total	99.50	99.59	99.25	99.29	99.63

遺跡の所在地・時代は表1を参照のこと。

参 考 文 献

中口 裕(1972) 銅の考古学. 雄山閣 考古学選書 4.

Studies on Copper-making Remains in Japan

Wataru KAWANOBE

Tokyo National Research Institute of Cultural Properties, Uenokoen Taitou-ku Tokyo
110, JAPAN

53 remains in Japan related to copper-making were classified to several groups by the characteristics of excavated materials. Small pieces of slags from the remains were analyzed by scientific methods. A few remains are obviously those of copper-making. The remains were classified by combination of metallic materials and the other archaeological finds. They are 8 copper-making remains, many copper-casting ones and those which were related to copper-making or copper-casting.

The tools of smith and iron-slugs were excavated with copper materials in some remains, suggesting that the craftsmen might deal with both Copper and Iron. The copper-slugs were separated into three classes by their outside appearance and contents of Iron and Aluminum. The difference between these classes does not depend on the operated period and locality of each remains. Each class seems to correspond to the process of copper-making.

The oldest copper-slag (the last of 6c) was found at Naganobori-remain in Yamaguchi prefecture. This slag has a large value in Iron content, being over 25%. This fact suggests the use of Chalcopyrite as an ore of copper-making in this period.