

## 特 集 銅 資 源

## 我が国銅開発の歴史について

## History of the Copper Mining and Metallurgy in Japan

葉 賀 七 三 男\*

Namio Haga

## 1. はじめに

我が国正史に銅開発の記載が初めて登場するのは、続日本紀文武天皇2年(698)の項に、因幡(3月5日)周芳(9月25日)から銅鉱献上とあり、続いて慶雲5年(708)正月11日秩父和銅の発見にもとづく年号改元があった。したがって、一般に我が国の銅開発は、8世紀前後から始められたとされている<sup>1)</sup>。

戦後の目覚ましい考古学の発展にともない、奈良の唐古、東大阪の鬼虎川、茨木の東奈良など弥生時代の遺跡から銅鐸製造遺構が発掘され、8世紀以前においても産銅のあった事実を再検討する必要が生じた。また鉱業史、鉱業技術史、金属技術史の研究も、国の内外において進展し、各分野の学際的成果も得られている。したがって、銅開発の歴史も新しい観点から見直されるにいたっている。

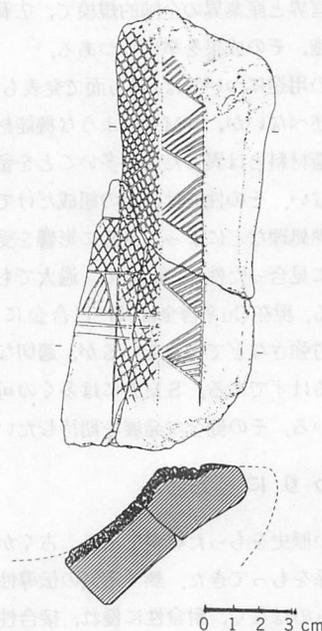
## 2. 弥生・古墳時代の産銅

我が国独特の銅鐸をはじめ銅剣、銅鏡等、弥生時代の銅器、青銅器が各地から出土保存されているが、それらの原料銅については、考古学者は大陸から銅剣、銅矛などの形で輸入、それを鋳直して使用したと考えている<sup>2)</sup>。

しかし、最近の研究では、東奈良などの銅鐸製造遺構から石製鋳型をはじめ関連遺物が検出されて、鋳造の詳細が把握でき、使用した原料銅についても、すべてを輸入青銅器鋳直しとするには無理が生じている。

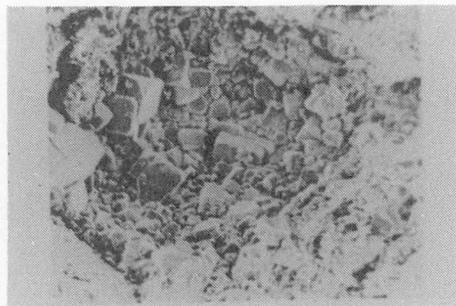
また、唐古鍵遺跡出土銅鐸鋳型、羽曳山等の調査に関連して、羽曳山出土と伝えられる銅鐸破片の金属学的調査を実施した久野雄一郎によれば、写1の示すとおり、銅鐸破面の一部には赤銅鉱が溶けずそのまま含まれていることが判明した。なお、自然銅特有の連晶も認められることから、本銅鐸は、自然銅が主原料で

\* (社)日本鉱業会調査役

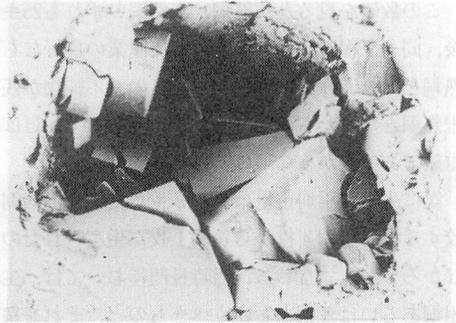
図-1 東大阪鬼虎川出土銅鐸鋳型<sup>3)</sup>

あり、共存する赤銅鉱が鋳造にあたって完全に溶けないうで残されたものと考えられている<sup>4)</sup>。

古墳時代については、長野県飯田市座光寺の新井原第1古墳から出土した銅鈴について、同じく久野雄一郎の分析調査に基づいて筆者が報告したが<sup>5)</sup>、これも前記銅鐸破面同様、銅鈴の切断面スの内部が写2に示



写1 伝羽曳山出土銅鐸破面



写2 新井原第1古墳山土銅鈴切断面

すとおりの赤銅鉱が未溶解のまま残っている。

考古学界の定説となっている大陸輸入青銅利器の鋳直しであれば、鋳造の溶解工程でこれら赤銅鉱粒子は不純物として浮きあがり、製品に含まれることはない。赤銅鉱を共存する自然銅を原料に銅鐸、銅鈴は鋳造されたものと理解すべきであり、銅の国産を当然検討しなければならない。

銅鐸出土の中心は近畿とされてきたが、最近北九州からも古い型式の鋳型が発見され、その分布範囲について再検討の気運が生れているが、やはり分布濃度からも近畿圏が中心には変りはない。ことに、多数の鋳型を出土した東奈良は、能勢、箕面、山下、多田の著名な産銅地域を控え、西摂津地区には、猪名部の本拠地としての猪名川沿岸があり、この川筋鷲の森駅付近では銅の露頭が河床に見受けられたというから<sup>6)</sup>、この方面では自然銅の入手は容易であったと考えられる。

久野雄一郎によれば、全国で発見された銅鐸は、大小数百個であり、その他数千余に及ぶ銅鏡、銅剣、銅矛、銅銭等を合算しても、それに使用した銅は僅かなもので、全国出土銅鐸の平均組成品位の復原実験を実際に試みた結果からしても、所要銅量は総計で10トン程度と推計している<sup>7)</sup>。

鉱山地質の観点からは、前記能勢、箕面、山下、多田のみならず四国のキースラーガー鉱床、和歌山、三重、奈良、滋賀等の銅鉱床地帯は銅鐸出土地域と重なり、それらの露頭部では、今考えるよりも多量の酸化鉱自然銅が存在し、10トン程度の原料銅の入手はさほど困難ではなかったであろう。

銅鐸など青銅器の原料産地については、出土した遺物の微量成分の調査を中心に、国内どの地方の鉱床より得られた銅地金であるかの検討が、現在鋭意進められているが、関係学界の学際的な協力によって、今まではっきりしなかった弥生・古墳時代の国内産銅につ

いて、その内容が明らかにされる日もそう遠くはないと、今後の研究進展とその成果を期待している。

### 3. 奈良・平安期の産銅

#### 3.1 秩父の和銅

和銅改元をもたらした武蔵国秩父黒谷における和銅(にぎあかがね、自然銅)の発見は、慶雲4年(707)日下部宿弥老、津島朝臣堅石、金上无によってなされたとされている。現在同地に鎮座する聖神社の神宝には、写3に示す自然銅の大塊が納められている。



写3 聖神社神宝自然銅

その重量は18キログラム近く、総体に黒光りしているが、裏面は美しく、緑青の部分、赤銅の部分混在し、金属部分は傷つけても粘りを示し、石のごとく砕けず、明らかに自然銅であることが確認された。同社神官によれば、秩父地方には、この御神宝以外にも数個の自然銅が保存されているとのことである。

また、聖神社の裏山一帯に和銅産出の旧跡があり、現地を視察された渡辺武男東大名誉教授は、件の自然銅産出の鉱床は、地層状況からキースラーガーに相異ないと指摘された。したがって、トン単位の自然銅の産出を考えられ、これを原料として鋳銭も行われたものと推測できる。付近一帯には、採銅、鋳銭に関連する地名が残されているという。

#### 3.2 大仏の料銅

東大寺大仏の造願は、天平15年(743)10月15日聖武天皇の大願により発意、国銅を尽しても金銅の大仏を造ろうとされ、その後曲折を経て紫香楽から奈良に移され、天平19年(747)9月29日鋳造開始、最終的に諸工事が完了するのが天平勝宝7年(755)正月で、11年の歳月を費した大事業であった。

大仏造建に使用された料銅については、東大寺要録に関係史料が集大成されている。記録に多少の出入りがあるが、約496トンの銅地金、約8.5トンの錫、約146

キロの金、約821キロの水銀を消費したと記載されている<sup>8)</sup>。

これら500トンに近い銅地金の詳細について、従来検討されていなかったが、有難いことに正倉院文書中丹裏（たなか）文書とよばれる史料に、大仏料銅を把握できる貴重な記録があることが判明した。それは、寧楽遺文下に所収される造東大寺司牒で東大寺造宮のため臨時設置の官署、造東大寺司、今ならさしづめ臨時東大寺建築事務所ともいうべき役所から、長門国司あての文書案文で、書き古した反古を丹（朱）の包紙として再利用している。包んだ丹の重量を記載した日付が天平勝宝5年（753）6月15日とあるので、紙背に書かれている案文は、それ以前に書かれたことが明らかである。

件の牒（上級官署から下級官署へ出す文書）は、長門から造東大寺司へ送達された銅地金の受領証と品質数量不足についてのクレーム状であり、また、一部は長門から平城京までの輸送経費、所要日数が詳細に記入されたまことに貴重な史料である。

この牒に記載するところによれば、長門から26,474斤の銅が送達されているが、当時の斤は現在の約671グラムに相当するから<sup>9)</sup>、合計では約17.8トンとなる。その内訳は、熟銅、未熟銅、生銅に分けられ、生銅はまた細かく上、中、下の3品に分類され、それぞれが枚数で数えられている。寧楽遺文の記載には、二、三の誤記脱漏が見受けられるので、訂正した数字を掲げると、次のとおりである。

銅	26,474斤	(約17.8トン)
	10,915斤8両	欠651斤8両 枚262破1
	7,638斤	熟銅枚188
	2,626斤	未能熟銅枚74 破1
	16,210斤	生銅枚1,410 破33
	1,323斤	上品
	2,258斤	中品
	12,629斤	下品

なお、1斤は16両であったので8両は半斤にあたる。

この造東大寺司の長門国に対する案文には、送達された銅地金が何枚と計数されている。したがって、板状の地金であり、また、前記のごとく枚数が記録されている事実から、それぞれ次のように平均重量を算出できる。

熟銅	1枚平均	40.6斤	(約27キロ)
未熟銅	1枚平均	35.8斤	(約24キロ)
生銅	1枚平均	11.5斤	(約8キロ)

この数値を見ると、熟銅、未熟銅いずれも25キロ前後、同一工程を経たもので、製錬作業の良好なものは熟銅となり、作業のまずかったもの、不純物が残って未熟銅となったものであろう。したがって、ほぼ同じ重量である点がうなづける。

次に生銅の平均重量は1枚8キロであり、熟銅と比較すると、生銅4枚から熟銅1枚が生産されたのではなかろうか。すなわち、当時長門においては、生銅、粗銅あるいは荒銅ともいうべきものと、それを精製リファインした熟銅とがあり、熟銅の平均重量が約25キロである点は、取り扱い運搬においても、人ひとりの作業に適当な重さの点にも留意する必要がある。

なお、その精製は、どのような溶解炉、吹床を使用したであろうか、生銅の重さとも関連して詳細な検討を必要とするものである。また、生銅の8割近くが下品で占められ、上、中とも1割前後である点も、考慮に入れるべきであろう。

長門から送達の銅約17.8トンの中、3割が熟銅、1割が未熟銅、残り6割が生銅という構成は、長門における産銅が、ただ1ヶ所ではなく数ヶ所、あるいは多種多様な鉱石を使用して銅製錬が行われていたことを証している。

造東大寺司牒の銅送達経費の記載によれば、長門から平城京まで海上20日間を要して、約17.8トンの銅を送り届けている。送達の人員は宰領2名、かじ取4名、漕手16名となっているので、船は2隻ではなかったかと推定している。したがって、1隻に約9トンの銅を積み込んだ計算となる。

時代は下るが、平安時代延喜式主計上によれば、平安京と各国府間の所要日数は、安芸海上18日、長門海上23日となっていて、長門、平城京間海上20日を検討する上で参考となる。平城京と平安京との差異は、淀川も木津川を溯るのもほとんど行程日数は同じであり、1日約30キロの行程となる。したがって、平城京から海上20日の地点は、広島と現在の下関市長府とのほぼ中間、小郡近傍の旧長門国内の地点となる。つまり、造東大寺司牒に記載される事実は、長門の国府からではなく2日の行程分だけ周防よりの港から積出したものと推定される。したがって、長門銅の産地は、現在の秋吉台周辺の石灰岩地帯にある接触交代鉱床の鉱石を対象に数鉱山が稼働されたと考えられる。

現在長門産銅の中心は、美弥郡美東町長登銅山の大切地区であろうとの推定のもとに、種々現地調査が進められ<sup>10)</sup>、地表下約1メートルに奈良時代の銅製練遺

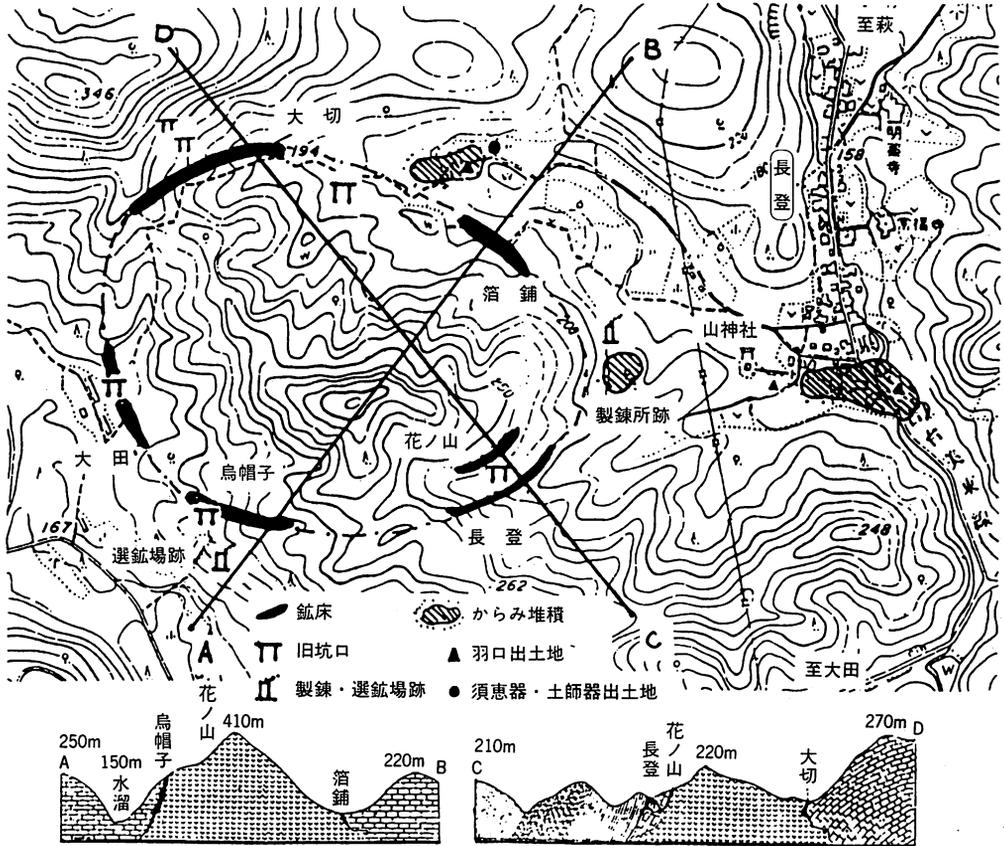


図-2 山口長登銅山(地質断面は岩崎重三による)

構が試掘の結果確認されて、正式の発掘調査の実施を準備中である。恐らく詳しい発掘調査がすめば、銅製錬の詳細、例えば自然銅、酸化銅、炭酸銅のみを稼行の対象としたか、硫化銅鉱の製錬にまで達していたかが判明するであろう。製錬工程と精製工程の差は、吹床の構造は、その規模は等々具体的に把握できるものと期待している。

長門から大仏料銅として1回に20トン近い銅が送達されている事実は、総使用量500トンに対して、25回同様な積出しが必要となるが、長門のみならず、前記摂津、播磨、近江、備前、備中、備後、安芸、因幡等諸国の産銅を考慮すれば、それ程困難な数量ではないと感ずる。

なお、造東大寺司では、鑄所等の作業現場において、鑄型に付着した銅分、砂に交った銅分等、きめ細かく回収、再生利用しているのが明らかであり、銅の使用については、その取り扱いに慎重を期している事実をもうかがうことができる。

### 3.3 皇朝十二銭の鑄造

秩父和銅の発見にもとづいて改元と和同開珎の鑄造

が行われたが、続いて天平宝字4年(760)万年通宝が鑄造され、以後平安時代の天徳2年(958)鑄造の乾元大宝にいたるまで、いわゆる皇朝十二銭が発行された。したがって、鑄貨用の銅が必要であり、それに見合う産銅があったことはいうまでもない。

現在、鑄銭の遺跡として明らかなのは、山城、長門、周防の鑄銭司であるが、山城は京都府加茂町鑄司(ぜす)で、現地からからみ、るつば、羽口等が多数出土し、付近に岡田銅山もあり、採鉱製錬鑄貨が同じ場所で行われている。

長門は天平2年(730)周防牛島、達理山などの産銅をもとに鑄銭司が置かれ、後に周防へ移され、天慶3年(940)藤原純友の乱によって焼失するまで鑄貨が続けられたとされるが、現在の山口市鑄銭司にあたり、大規模な発掘調査の結果、るつば、羽口等が多数出土し、往時の鑄銭事業の概要を知ることができる<sup>11)</sup>。

平安時代においては、特に採銅使を任命し、鑄銭用料銅の確保に努めたが、延喜式には弘仁年間(810~822)鑄銭用として、毎年備中800斤(約0.5トン)、長門豊前両国2,516斤(約1.5トン)の銅を採送するよう規

定され、当時の産地、生産量を推測することができよう<sup>12)</sup>。

しかし、産銅は意のごとく進まず、前記弘仁年間をさかいに、それ以後の鑄貨は、新しい銅を追加せず専ら旧銭を鑄直したから、形量ともに半減し、鉛の混入も次第に増え、終には3割近くが鉛となるにいたった。

産銅の面では、元慶元年(877)に美作、同2年に豊前、仁和元年(885)に豊後などで採銅の推進を行っているが、生産が増加するまでにはいたっていない。奈良・平安の採鉱技術を検討してみると、銅のみならず、鉄、銀についても鉱山を銅穴、鉄穴、銀穴と表記し、現在の観点からすると、いわゆる鉱脈の走向傾斜そのままに露頭から掘込む鑪押(ひおし)抗道採掘の操業形態を示すものと考えられる。したがって、ある深度に達すれば、排水、通気の困難から採鉱を中止せざるを得なくなり、奈良時代盛況であった産銅も平安に移るにしたがい次第に減退し、その後400年近く産銅に関する記録に欠ける。

平安末期から宋銭の流入が増えて、国内産銅の不足を補ない、鎌倉の大仏もその大部分が宋銭を流替えて鑄造される事態にいたっている。

## 4. 江戸期の産銅

### 4.1 近世鉱業の勃興

戦国大名は自領の金銀開発を重要な施策としたが、特に武田、今川、上杉は金山、大内、尼子、毛利は銀山の開発に経費を度外視して強力に推進した。この結果鉱業技術は立入坑道、水平坑道、斜坑の開さく、坑内測量、排水、通気、運搬等大幅に進歩するにいたった。安土・桃山期は、まさに全国の山野に金銀が湧き出た時代でもある。

織田、豊臣、徳川と政治的統一が進むにつれ、戦国の領国経済から全国規模の商品経済が拡大発展し、金銀が価値の高い通貨として、登場通用するようになるが、これに伴って、銅鉱業も次第に活況を呈するにいたった<sup>13)</sup>。

### 4.2 寛永通宝の鑄造

平安末期以降産銅の欠けていた我が国では、15世紀に入り備中、美作、担馬等で次第に銅山が稼行され始めるが、吉岡、生野、明延のごとく当初は銀山として開発され、続いて銅の産出に切替わる場合も多かった。

江戸徳川氏の幕制が規道に乗ると弊制の統一に着手し、寛永13年(1636)銭座を設け、寛永通宝の鑄造を始めた。翌14年には水戸、仙台、吉田、松本、高田、

長門、豊前、豊後等において請負鑄銭を許可しているが、その前提条件として領内での銅自給をあげているので、当然、それら各地は産銅あるいはその入手が可能であったことを物語る<sup>14)</sup>。

寛永通宝は銅銭として4,000万貫文吹立てられ、1枚が目方1匁とされている。また、1万貫文には銅1万貫(7.5トン)、自目300貫(約0.2トン)、錫14貫(約0.8トン)、鉛2,800貫(2.1トン)を要したから<sup>15)</sup>、全体で7,500トンの産銅が貨幣用に消費されたことになる。

### 4.3 長崎御用銅

安土桃山以降銀生産の増大は、平戸、長崎における南蛮貿易の決済に充当され、巨額の銀が海外へ流出するにいたった。江戸幕府は、銀の輸出に統制を加え、また貿易額を制限するなど対策を講じたが、同時に銅の輸出が増加して、銀流出の防止に貢献した。

鑄銭用の銅需要の増大によって、各地に銅山の開発が進められるが、前記のとおり銀山から銅山に替わるもの、新たに慶長15年(1610)には足尾、寛文年間には秋田の阿仁、南部の尾去沢、元禄3年(1690)には別子等の大銅山が発見されるなど、元禄16年(1703)泉屋・大阪屋の覚書によれば全国に243の銅山があげられる盛況を呈するにいたった<sup>16)</sup>。

この結果、寛文年間300万斤(1,800トン)の銅輸出は次第に増加、元禄年間には900万斤(5,400トン)に達した。幕府は輸出銅確保のため、元禄14年(1701)銅座を設け、集荷、輸出、地売いっさいの統制にのりだし、全国の産銅を大阪吹屋へ集め、いわゆる南蛮吹で抜銀し、棹銅に改鑄、長崎御用銅として輸出、貿易の決済に当てることとした。

### 4.4 産銅技術の確立

幕府による産銅の奨励及び統制は、山元製錬を義務付けるとともに、銅山内における技術の発達を促がし、硫化鉱(黄銅鉱)処理を中心とする選鉱、焼鉱、製錬工程の標準的な仕法の普及が固られた。また、銅に含有される金銀の抽出は、大森銀山で発達した銀製錬のための灰吹法を応用し、銅に鉛を加えて金銀を吸収させ、その鉛を南蛮床で絞分けける方式が、慶長年間住友泉屋において使用され始めたとされている<sup>17)</sup>。

銅座設置とともに、全国の荒銅は大阪に集められ、南蛮吹にかけられたが、その後この技術が地方各銅山へも伝播し、産銅技術の確立に貢献している。

産銅の主要な工程は次のとおりである。

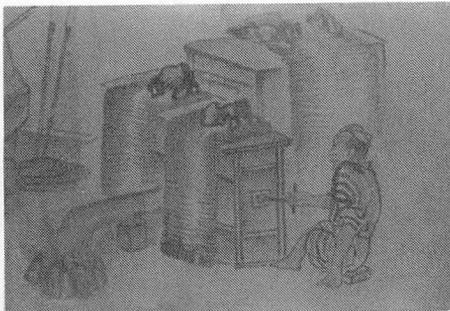
- (1) 採 鉱 水平坑道、立入坑道、斜坑、これを結び通風、排水、運搬の便を図る。

- (2) 選 鋳 塊鋳を手選、あるいはゆり板、ゆり盆、ざるで比重選鋳をする。
- (3) 焼 鋳 鋳石を薪で約30日燃し、硫黄を除く。山によっては、繰り返し焼いた。
- (4) 荒 吹 床にて木炭で鋳石を溶かし、硫化銅と硫(鉞吹)化鉄の混合物、鉞(かわ)をとる。表面(すぶき)に浮いたからみを除き、下の鉞は水を打ちながらはぎとる。素吹、寸吹ともいう。



図-3 素吹(九大所蔵吹屋之図より)

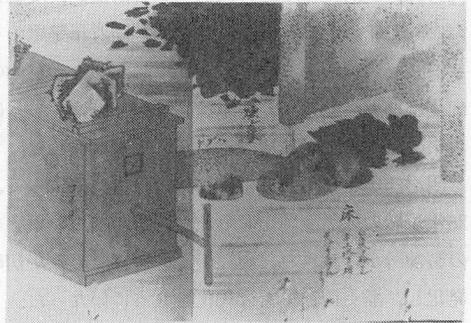
- (5) 真 吹 鉞を木炭で溶かし、硫黄を自ら燃焼させ、(まぶき)鉄分をからみとして浮かせる。吹く前に鉞を焼く場合もあり、吹床には粘土製の覆いをかける。荒銅が得られる。



写 4 生野銀山真吹(小森宮文庫但馬銀山絵巻より)

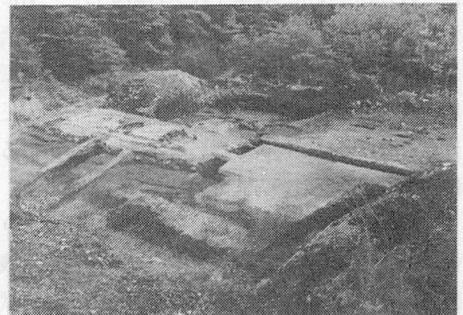
- (6) 合 吹 金銀を含む荒銅に、重さで約2割の鉛を強制的に混ぜ、銅鉛合金を作る。
- (7) 南蛮吹 銅鉛合金を南蛮床で加熱、鉛だけを絞りとる。銅はからみ銅とも呼ばれ、荒銅となる。
- (8) 灰 吹 絞られた金銀を含む鉛を灰床で鉛と合金銀(灰吹銀)に分ける。
- (9) 棹 吹 荒銅を溶かし、御用銅の棹あるいはその他地売用の型銅に鑄造する。

なお、産出する銅鋳石が一様に黄銅鋳ではなく、特にひ素の多い地方もあるので、福井面谷銅山のごとくひ素除去のため赤離(しゃくり)床を荒吹の後で工程として付け加える場合もあり<sup>18)</sup>。また、山下吹といって、荒吹の銅の湯を溶かしたままその表面に強風を当て続け、硫黄と鉄をとばす方式など、それぞれの銅山の実態に応じて使われている。



写 5 対馬の山下吹(小森宮文庫対州銀山図会より)

吹床の構造を紹介するとともに、最近兵庫県中町で発見された銅製錬の遺構を参考のため写6に示す。全



(左手焼鋳釜跡、右手素吹、南蛮吹跡、中央向側一時代古い炉跡、中央手前作業広場、炭置場)

写 6 兵庫県多可郡中町石垣山銅製錬遺跡

国に恐らく300個以上稼行された江戸期の銅山は、著名な大鋳山を除きほぼこの程度の規模のものが大半であった。

#### 4.5 産銅王国日本

鋳業の大原則は、いったん採掘すると鋳床は無くなくなる。したがって、末永く盛山であるはずはなく、好不況は連続して良い鋳体に当るかどうかにかかる。江戸期における我が国産銅のピークは元禄年間にあり、銅の輸出も900万斤、したがって産銅は1千万斤(約6,000トン)を上まわったものと推定される。著名な別子、阿仁、尾去沢、足尾などの大鋳山がそれぞれ200万斤

(約1,200トン)以上の生産を維持したことに依るが、我が国として相当期間1千万斤前後の産銅が続いたのは、当時として世界第1位であり、まさしく産銅王国そのものであった。

## 5. 明治・大正期の産銅

維新後、我が国銅鉱業は官営鉱山を中心に近代化が図られ、明治13年小坂の円形水套式溶鉱炉、反射炉精銅、同22年本所熔銅所の電気精銅、同27年足尾のパロット式転炉製銅等が導入された。しかし、大鉱山の近代化は推進されたが、中小鉱山の大部分は、もっぱら在来の真吹方式の改良改善によって操業された。

明治25年鉱業条例による買鉱の自由化によって、同26年愛媛の佐島、岡山の日比、同27年秋田の東雲などの製錬所が建設され、現在の臨海製錬所方式が初めて発足し、漸く銅鉱業も近代化されるにいたった。

産銅技術では、特に明治30年前後小坂において武田恭作等によって開発された生鉱吹は、同33年羽口給炭による成功を収め、自溶製錬法として世界的な成果であり、その後吉岡、荒川、尾去沢、足尾、四阪島などがこの方式を採用、焼鉱工程を省略するとともに、廃煙処理に効果をあげることとなった。また、明治42年足尾、日立において樽型転炉が導入され、製銅工程の反射炉が次第に姿を消すにいたった。一方、大正7年直島においては微粉炭を燃料とする反射炉による銅製錬を開始し、反射炉方式の中核となっている。

これら近代化の背景には、鉱山の機械化があり、採掘におけるさく岩機、コンプレッサー、運搬用機関車、製錬においては送風機の導入等が大きく寄与していることはいうまでもない。明治29年2万トンの産銅は、同45年4万トンに、大正6年には9万トンの大台に達している。

## 6. おわりに

与えられた紙数も尽き、現在の銅製錬技術の展開にまで言及することができなかったのは残念であるが、本特集の他の論文により、その分野の状況を斟酌されるよう希望する。

### 参 考 文 献

- 1) 13) 15) 16) 小葉田淳; 日本鉱山史の研究(1968), 岩波書店.
- 2) 小林行雄; 古代の技術(1962), 塙書房.
- 3) 東大阪市教委; 鬼虎川の金属器関係遺物(1982), 東大阪市文化財協会.
- 4) 久野雄一郎; 伝羽曳山出土銅鐸の金属学的調査報告, 榎原考古学研究所考古学論叢, 3冊(1979), 11~34
- 5) 葉賀七三男; 新井原第一古墳出土の銅鈴について, 日本鉱業会研究業績発表講演会講演要旨集(1981), 245~246.
- 6) 土井正民(日本鉱業史研究会長)の教示による.
- 7) 久野雄一郎; 物量感, 榎原考古学研究所報青陵, 42号(1979), 2~4.
- 8) 13) 荒木宏; 技術者の見た奈良と鎌倉の大仏(1959)有隣堂出版.
- 9) 松島順正; 奈良時代の度量衡, 正倉院の窓(1961).
- 10) 山口県教委; 生産遺跡分布調査報告書採鉱冶金(1982).
- 11) 山口市教委; 周防鑄鐵司跡(1978).
- 12) 14) 小葉田淳; 日本の貨幣(1958), 至文堂.
- 17) 住友修史室; 南蛮吹の伝習と流伝, 泉屋叢考, 6輯(1955).
- 18) 喜多村實治; 面谷鉱山景況, 工学会誌, 33号(1884).

