

原始・古代の光技術 (2)

— 琉璃玉と青銅鏡と炭 —

藤原裕文

(室蘭工業大学工学部)

中国や朝鮮から鉄・青銅・ガラスなどの製造技術が移入されて、わが国で生産が始まったのは弥生中期のころである。北九州(福岡県春日市)にある須玖岡本遺跡¹⁾からは、青銅製品・鉄製品・ガラス製品を生産する工房跡や関連した遺物が多数発見されて、注目を集めている。弥生中期以後、鋳物の採掘・鋳造・鋳金・ガラス製造などの分野における科学技術は着実に発展し、飛鳥・奈良時代には史上まれにみるほどの高いレベルに達した。唐の律令制に倣って律令国家としての体裁を整えて、そのもとに科学技術を保護・奨励した。今回は律令制度のもとで発展してきた青銅やガラスの製造技術を取り上げることとする。律令とは国の法の大枠である律(刑法)と令(行政法)であり、701年に公布したものを『大宝律令』²⁾という。この律令を施行するのに、諸手続き・ものの造り方・必要な材料や道具・人件費などを定めたものを『延喜式』(905年に編纂開始)という。まず、『大宝律令』のなかから科学技術を国の重要な政策として位置づけた条項を拾い出してみよう。

ひとつは、銅・鉄・金・銀・玉石・異宝・異木および彩色(絵具の材料)・雑物などの発見・調査を奨励し、さらに国用に供するものについては、役所に報告すると採取を許可する旨の記述(『大宝律令』の「雑令第30」)である²⁾。『大宝律令』公布の3年前には、銅鋳石(因幡国、周防国)、白礬石(=明礬、近江国)、白礬・鉛(伊予国)が献上され、金鋳石の精錬(対馬嶋)を命じたことなどの記録が残されている³⁾。また無職の何某が白礬らしいもので鏡を作り呈上した際に、その原料を精錬して調べたが素性がわからなかったため、遣唐使に依頼して唐の鋳造工に調べてもらった結果、それは鈍隠(鉛)であることがわかった³⁾。この調査に10年かけている。『続日本紀』に記された2つの記事³⁾からもわかるように、科学技術への期待は大きかった。国の一大プロジェクトである平城京の盧遮那仏建立をとって見ても、当時の科学技術のレベルの高さを

うかがい知ることができる。

もうひとつは、役所の組織を定めた「職員令」²⁾に、大蔵司(大は朝廷の意味)のなかの典鑄司(774年、内匠寮に併合)や鍛冶司は付属の官営工房をもち、それぞれ、金・銀・銅・鉄の鋳造、塗金・彫金などによる金属器、ガラス器や玉器などの製作と、銅・鉄・雑器の類の鍛造を掌るという記述がある。これらの工房で定量的に記載された製造マニュアルに関する資料が残されているものがある。これらの資料のうち、青銅鏡の鋳造やガラスの製造例を紹介しよう。ここで重量、体積、長さはそれぞれ1斤=16両=0.67 kg, 1石=0.073 m³, 1尺=30 cm とする⁴⁾。

まず、青銅鏡の鋳造を話題としよう。平城京を改作するために、都は一時期近江国へ移転した。これに伴い石山寺が造営された際に、同寺からの注文に応じた青銅鏡4面(各直径1尺、厚さ5分)の見積書⁴⁾が、正倉院文書のなかの『東大寺鑄鏡用度注文』として残されている。それには鑄鏡に必要な材料・鑄型の材料・鏡の研磨仕上げ・人数・給料などが記録されている。青銅鏡の製作工程については、「光学」の第28巻第11号を参照してほしい。原材料は熟銅(自然銅)48斤(=32 kg)と白礬(錫)6斤(=4.0 kg)である。このほかに、タフ用の絹や綿・研磨用の精粗の砥石・油や研磨材・模型を造る密蠟・和炭・塩・鉄・石灰・笑などが記載されている。ここで以下の考察に直接には関係しないと思われる数値は省いてある⁴⁾。青銅鏡を鋳るのに、荒炭12石(=0.88 m³)がすべて燃料として使われたとすると、1 kgの青銅では0.33石(=0.024 m³)の荒炭を必要とする。わが国にあった炭袋から体積と重量の関係を求めたところ、炭1 m³の重量はおおよそ360 kgに等しいことがわかった。これより青銅を1 kg溶融するのに必要な炭の量は8.6 kgとなる。和炭は一般には鉄の鍛冶用である。和炭は青銅を溶融するために直接必要な燃料から除外されているので⁴⁾、ここでも和炭を除いて概算した。

『延喜式』にみえる青銅鏡の製作例⁴⁾と比べると、正方

E-mail: h-fuji@mmm.muroran-it.ac.jp

形（1辺0.7尺）の青銅鏡を1面造るに必要な原料は、熟銅4斤（=2.7kg）と白鐵1.25斤（=0.84kg）とあり、炭として熬炭（荒炭）0.5石（ $=37 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ）と和炭0.5石（ $=37 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ）とある。熬炭のみを燃料とすれば、青銅を1kg溶融するのに3.7kgの炭の量を要する。技術の進んだたら製鉄（けら押し法）のデータ⁵⁾によると、1kgの鋼と銑鉄を得るのに必要な炭の量は3kg~5kgである。これから推察すると、『東大寺鑄鏡用度注文』と『延喜式』の計算値の2倍程度のひらきは、大雑把な計算ではあるが、無視してもよいであろう。

もうひとつの話題、ガラスに目を転じよう。正倉院文書のなかに、琉璃玉の製造に必要な原料・着色材・研磨材・燃料などを定量的に記録した資料『造仏所作物帳』^{6,7)}（734年）がある。これは、ガラスの定量的処方記録した、世界史上で最も古い資料である。ガラス原料は白石（石英）230斤（=150kg）と鉛丹（酸化鉛）386斤（=260kg）である。黒鉛（鉛）983斤（=660kg）を薪204束で熱して鉛丹を作り、鉛丹の粉末と白石の粉末を混合して坩堝に入れて、溶融させて琉璃玉を作ったと推察される。ガラスの主原料である白石（石英）に鉛を含ませると、ガラスの溶融温度は700°C~650°Cに下がることは知られていたであろう。わが国で発見される奈良時代のガラス製品には鉛を含むものが多く、このガラスに63重量%の酸化鉛が含まれ、今の重フリントガラスに近いことがわかる⁸⁾。さらに「塩1斗3升5合鉛腊料」の記載がある。塩とは塩石（硝石）あるいは塩消（硫酸ソーダ）であり、鉛腊料とは鉛に混ぜて焼くと解釈すると、このガラスと正倉院に保存されている数万個の鉛を含む琉璃玉の化学成分比とは一致するという⁹⁾。アルカリ成分を加えても、粘着力がある練り状態にあるので、直接にまたは砕いて高温の坩堝に入れて固めて成形する程度の製品しかできなかったといわれる。鉄を含む赤土や銅を含む緑青はそれぞれ黄や緑の着色材であり、また朱砂や麒麟血（樹脂からとる顔料）は琉璃玉を赤く塗るのに使われた。

『造仏所作物帳』の記載データから、ガラス製造に必要な熱量を大雑把に計算しよう^{6,7)}。炭の重量は21,600斤（ $15 \times 10^3 \text{ kg}$ ）であり、白石と鉛丹を合わせると全ガラスの重量は410kgである。炭すべてをガラスの溶融に使うとすれば、ガラスを1kg溶融するのに必要な炭の量は37kgとなる。この値は青銅鏡のそれに比べて4倍~10倍であり、文献⁸⁾が刊行された当時のガラス製造技術に比べて、およそ40倍の熱量に相当するという。ガラスを溶融するための小規模な炉は、地面に掘った穴に湿気を避けるために粘土を張り付けるなどして築かれた。その中に、荒

炭を盛り、その上に坩堝を置いて、火を入れて、ふいごで送風して高温を維持したようである。やはり、青銅やガラスなどを坩堝で溶融させる際の熱効率は非常に低かったといえる。

臨時祭祀の祭料の品目・数量を規定した『延喜式』の「臨時祭祀」によると、出雲の国意宇郡の玉工から御富岐玉（ガラス玉）を毎年60連製作し朝廷に献じることが定められている^{6,7)}。これを裏づけるように出雲の玉造遺跡から、坩堝片、ガラス塊、研磨用の砥石などが出土している。出雲では各種の原材料の産地と玉造工房とが近接していたために、古墳前期から平安時代までの長い期間にわたり玉造りを継続することができた⁸⁾。

ガラスを造るのに、奈良時代には鉛丹と白石を、また江戸時代では金属鉛と白石を混合して溶融させるという違いがあった⁹⁾。さらに、江戸時代には、鉛を原料にしたという点では中国流のガラス製法であったが、溶融したガラス種を中空の細い金属棒の先端に巻き付け息を吹いて成型する宙吹き法という点で西欧伝来の方法であった。西洋では金属状態の鉛は高温で坩堝と反応して侵食破壊するので、可能な限り鉛を除去する方法が取られていた。

最後に、炭について少し誌面を割くことにする。木材を炭化・精錬して炭を作るが、わが国の温暖多湿な気候環境は良質の炭材の生育に適していた。燃料としての炭の特徴は、ふいごで強い風を送れば高熱を発生させることができる、長い時間一定温度を持続させて金属やガラスを溶融させたり酸化させることができる、無煙性のため硫黄や炭素粉あるいは不純物が坩堝に混入しにくい、などである⁹⁾。炭は熱源として利用されるほかに、砥石による青銅鏡面の研ぎ筋をとったり、漆塗りの面を滑らかに研ぐのにも用いられていた⁹⁾。

国家主導で多彩に展開された科学技術は、950年ころの相次ぐ争乱により衰え、やがて官営工房での製造は途絶えてしまった。これは律令制度の崩壊を意味する。

文 献

- 1) 小田富士雄, 田村圓澄監修: 須玖岡本遺跡 (吉川弘文館, 1994).
- 2) 井上光貞, 関 晃, 土田直鎮, 青木和夫校注: 律令 (岩波書店, 1976).
- 3) 宇治谷孟訳: 続日本紀 (講談社, 1992).
- 4) 小林行雄: 古代の技術 (塙書房, 1998).
- 5) 志村忠夫: 古代日本の超技術 (講談社, 1997).
- 6) 杉江重誠編: 日本ガラス工業史 (日本ガラス工業史編集委員会刊, 1949).
- 7) 小林行雄: 続古代の技術 (塙書房, 1992).
- 8) 水野 祐: 勾玉 (学生社, 1992).
- 9) 樋口清之: 炭 (法政大学出版局, 1993).