



Kobe Shoin Women's University Repository

Title	江戸時代の技法によるガラス素地の製造 The Process of Glass-making Using the Art of Glass in the Edo Period.
Author(s)	棚橋 淳二 (Junji Tanahashi)
Citation	研究紀要 (SHOIN REVIEW), 第 31 号 : 15-66
Issue Date	1989
Resource Type	Bulletin Paper / 紀要論文
Resource Version	
URL	
Right	
Additional Information	付録 (モノクロ写真資料) あり。

< 第 31 号正誤表 >

五四/五五頁 図 30 の上段 5/5 の 15/30 の説明	正 馬目下 坩堝	誤 馬目上 坩堝下
---------------------------------	----------------	-----------------

他の訂正については「棚橋淳二にかかわる論文の正誤表」参照のこと。

江戸時代の技法によるガラス素地の製造

棚橋淳二

一 序 論

江戸時代のガラス素地（以下ガラスと略す）の製法は、西欧の製法と大いに異なる。すなわち過去における西欧の鉛ガラスの製法が、原則として、いずれも粉末状の酸化鉛、石粉、アルカリを用い、これらを混合、熔融していたのに対し、江戸時代の製法は金属鉛を溶かし、これに石粉を吸いとらせて粉末状または姫糊状となし（姫糊状の場合は水に投入、乾燥、搗砕という工程を行う）、さらに硝石末を混合してから熔融する（多くはこれを水に投入、乾燥、搗砕後、本格的に熔融する）といったもので、金属鉛と石粉を直接混合するところに著しい相違がみられる。江戸時代のガラス製造工程の大筋は以上の通りであるが、工程の一部が省略されたり、他の工程が付加されたりすることも⁽¹⁾ある。なお燃料は木炭である。

昭和四十二年に、この製法を実験室内で試みた時には、鉛一〇〇〇、石粉一〇〇〇、硝石三〇〇という割合の、比較的清澄温度の高い調査であったためか、マッフル内の磁製坩堝をブンゼンバーナー二本を使用してプロパンガスで約二時間灼熱（推定温度一〇〇〇℃）したが、わずか四八・一gの原料が十分軟化せず、また多数の小気泡のため透明なガラスとなるには至らなかった。⁽²⁾ 爾來、江戸時代のように木炭を燃料とした場合、ガラスの熔融、清澄がどのような条件

で可能になるのか、一度は実際に試みたいと思ひ、その思ひを人にも告げてきた⁽³⁾。また辰澤速夫氏を研究者代表として行われた、昭和六十二年度、六十三年度文部省科学研究費補助金による総合研究(A)「薩摩切子の復元のための技術的研究」においても、当初、鹿児島県垂水の「硝子石」⁽⁴⁾(珪石英)を採集してボンズないし梅酢で洗って用い、江戸時代の製法により、木炭を燃料としてガラスを製造する計画を立てたが、諸般の事情で果せず、この好機を逸した。

この度、念願のガラス熔融窯を史料庫裏に築き得て、木炭によるガラスの熔融を試みる事が可能になった。また、これによって実際に試みないと解明できない諸問題も、ある程度取り扱うことができるようになった。

註

- (1) 棚橋淳二「江戸時代のガラス」(由水常雄・棚橋淳二「東洋のガラス―中国・朝鮮・日本」三彩社、昭和五十二年)、一六一頁、第五表。
- 棚橋淳二「鉛丹ガラスと金属鉛ガラス」(三)『研究紀要』第十九号、松蔭女子学院大学・短期大学学術研究会、昭和五十二年十二月)、四二―四三頁、第六十八表。
- (2) 棚橋淳二「近世日本におけるガラス製造法の発展とその限界」(二)〔前掲『研究紀要』第九号、昭和四十二年十二月)、二四二頁。
- (3) 佐藤潤四郎『ガラスの旅』(芸艸堂、一九七六)、二八六頁。
- (4) 『江夏十郎関係文書』写本、大正十年、下、三十一ウ、桜島古里三而四月廿七日認(書翰)。鹿児島県立図書館蔵。
- (5) 前掲『江夏十郎関係文書』上、五十一ウ―五十二オ、安政三年カ(書翰)。

一 作業所

ガラス熔融窯の場合も、他の高温用の窯の場合と同じく、築窯後、急激に温度を上げると破損の原因となる。耐火煉瓦、耐火モルタルに含まれている湿気を一箇月ほど自然乾燥させて十分に除き、さらに四〇〇℃、六〇〇℃、八〇〇℃など、次々に温度を上げては冷す作業を繰返した後、始めて高温での作業が可能になるという。また作業が終った後も、徐々に温度を下げなければならない。加賀屋皆川久兵衛の場合では空の坩堝を入れた状態で一昼夜余熱し、粗煮が一昼夜、精煮が一日許というから、窯に一度火を入れると少くとも数日は火を落すわけにはいかない。夜も高温の状態に保つことになるから、作業所は防火上、完全に不燃性で、かつ耐震性の建造物でなければならない。また窯の自重は一トンにも達するから、基礎は傾いたり、亀裂が生じるようなことがあつてはならない。

作業所は間口一・八m、奥行二・七m、その基礎は二重の鉄筋を入れた厚さ二〇—三〇cmのコンクリートとし、また壁面と屋根には鉄骨、ブロック、スレートを使用することにした。なお夜間、作業所の引き戸を閉じて施錠した場合の換気のため、戸にはがらり板をつけると共に、屋根と壁との間も十分にあげ、吹き降りの雨のはいらぬよう軒を長くした(写真1—6)。設計は株式会社岡本工務店、施工は植田工務店が行った(灘神戸生活協同組合扱い)。

註

- (1) 内国勸業博覧会事務局『明治十年内国勸業博覧会出品解説』明治十一年序、第二区第二—四類、一三〇—一三二頁。国立国会図書館蔵〔特17—587〕(教育博物館本)。

三 熔融窯

江戸時代のいわゆるガラス窯の図は『万金産業袋』他数点が知られているが、多くは細工用の窯、即ち仕入れた餅種（「ガラス素地」）を軟化させて細工を行うための窯で、規模の小さいものであった。しかし餅種の製造をも兼ねる窯はそれらより大きく、例としては「長崎古今集覧名勝図絵」所載の「硝子器製造之図」、川原慶賀の「硝子御細工処」などに画かれた窯を挙げることができる。⁽¹⁾ それらの窯の規模については、上記の図からもある程度推測できるが、「長崎町づくし」には「四尺四方ほどの釜に土壺をぬり込み」とあり、「明治十年内国勸業博覧会出品解説」には東京府横山町式目⁽²⁾の奥野藤兵衛の窯について「方六尺の罫」、大坂府天神筋町の二代目伊藤庄三郎の窯について「縦四尺八寸横三尺八寸ノ罫ヲ造リ」と記されていて、かなり大きい（一尺一〇寸約三〇・三 cm）。

(一) 熔融窯の築造

現在、風鈴など、いわゆるガラス細工の製品をつくるのに使用されている窯は、一本風炉、二本風炉と称され、それぞれ坩堝一本、坩堝二本を入れて用いる。それらの規模は、例えば東京都江戸川区鹿骨^{しほほ}の篠原健治氏の二本風炉⁽⁴⁾で間口八三・五 cm、奥行九二・〇 cm、高さ八七・五 cm、富田林市常盤町の岡野正一氏の一本風炉⁽⁵⁾で間口六六 cm、奥行五二 cm、高さ一二〇 cmである。篠原氏の窯は坩堝の上方より下方の空間を大きくとり、燃料であるコークスも、それに応じて詰められているが、岡野氏の窯は火の引きをよくするよう坩堝の上方を円錐状に大きくとり、コークスも、それに応じて詰められている。この度のガラス製造では、コークスより火力の弱いといわれる木炭を燃料として用いることにしているため、火の引きのよいという岡野氏の窯（図1）を模範とし、堺市の株式会社本田山坩堝耐火煉瓦工業所（以下本田

山工業所と略す) 前代表取締役の本田山芳久氏に設計・施工を依頼した。築窯は同じく堺市の豊和興業代表の末廣隆氏が、本田山氏の設計図(図2)に準拠しながら担当された。窯は出来上ってしまつと、各壁面の状態、内部の構造などがわからなくなるので、現場での見取り図、写真(写真7—20)をもとに各段の平面図(図3—20、改修部を含む)を残すことにした。なお、窯の断面の大略は本田山氏の設計図により明らかであるが、その詳細と改修後、どのように変わったかを示すために、吹出し中央における二方向の断面図(図21)を作成した。

窯は備前市の第一耐火煉瓦株式会社製の耐火煉瓦(SK34)を適宜加工しながら、日米炉材製造株式会社(以下日米炉材製造と略す)製の耐火モルタル(P.150)を用いて、さきの各図のように積み上げ、中程(第七段)に鉄製ロストル(rooster, 一本の断面の幅一・七cm、厚さ三・五cm)を組み込み(写真10—11、13)、第九段から第一二段にかけて本田山工業製の八斤坩堝を据えた。また燃焼室より上の部分の内、第一—一六段は炎の流れがよくなるように、本田山工業所製のシャモット(channotte, 煉瓦層の末)二—三と株式会社ヨータイ製の耐火モルタル一、それに日米炉材製造製のキャストブル(castable, C140)少量に水を加えた混合物(以下シャモット・モルタルと略す)を拳大の球状に固めて、予め耐火モルタル(P.150)を薄く塗り付けた内壁(シャモット・モルタルが剝脱せぬよう殊更に凹凸をつけた)に次々と叩きつけて付着させた(写真20—25)。また坩堝の口下の括れた箇所の上には、本田山工業所製の前板(盾状耐火板)を置いてシャモット・モルタルで固定し、坩堝の左右と下も共にシャモット・モルタルで封じた(写真27—29)。

熔融窯内の温度の測定箇所は坩堝の腹下(前壁内側より約一—一cm奥)とし、予め第九段の前面中央の耐火煉瓦に孔を開け、測定は、この孔に白金・白金ロジウム熱電対を挿入し、冷接点冷却器(CJ-R-1p)に接続した上で、熱電温度計(T45Pt, 島津理化器械株式会社)で行つことにした(写真30—31)。また坩堝内の熔融ガラス表面などの温度の測定は、ミノルタ

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.



図1 岡野硝子光球工業所の熔融窯の見取図（岡野正一氏による）

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.



図 2 熔融窯の設計図 (本田山芳久氏による)

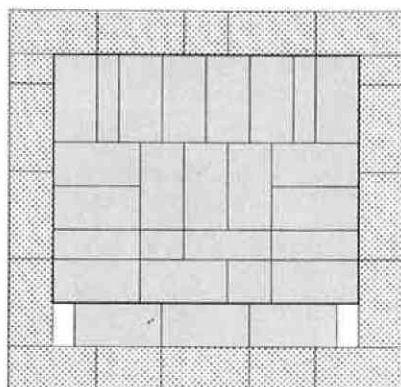


図3 熔融窯の第1段

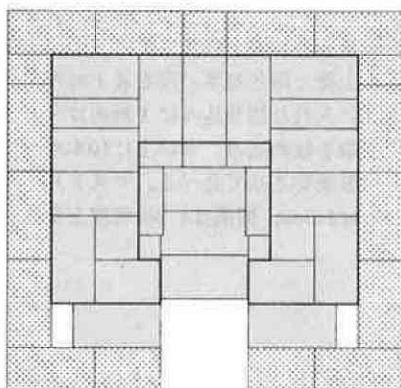


図4 熔融窯の第2段

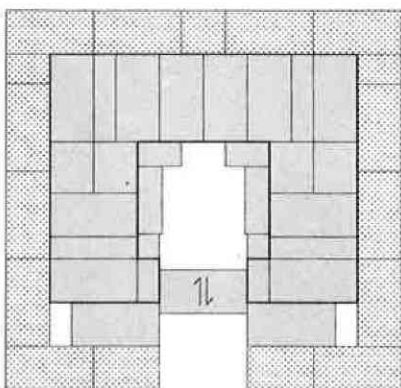







図5 熔融窯の第3段

図3から図20は熔融窯の第1段から第18段までの煉瓦上面の平面図で、いずれも目地の寸法は無視して作図した。ちなみに耐火・保温煉瓦の寸法（JIS規格）は230mm×114mm（図では115mm）、厚さ65mm。熔融窯（改修前）の実寸は間口81.5cm，奥行65.5cm，高さ114cm。

-  耐火煉瓦（SK34）
-  保温煉瓦（C-1）
-  シヤモット・耐火モルタル・キヤスタブル（2-3：1：少量）
-  キヤスタブル
-  水平方向に着脱可

太線は改修前の輪郭

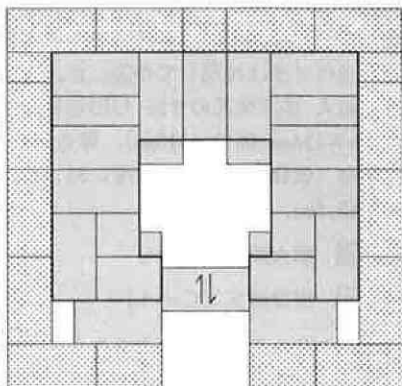


図6 熔融窯の第4段

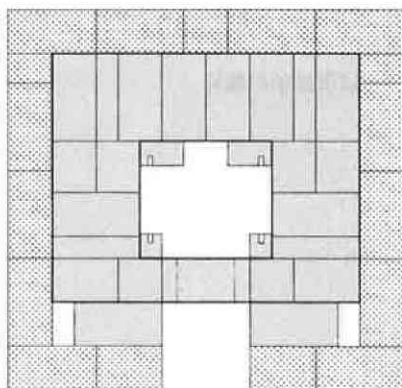


図7 熔融窯の第5段

改修後のロストル面は第5段の耐火煉瓦の上面と同じ高さ。左右各1対の耐火煉瓦に入れた切り込みに1対のロストルの両端を嵌め込み、その上に10本のロストルを直交させて並べる。ロストル1本の幅は1.7cm、間隔は1.2cm程度となる。

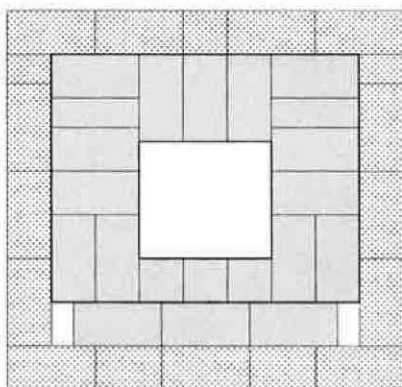


図8 熔融窯の第6段

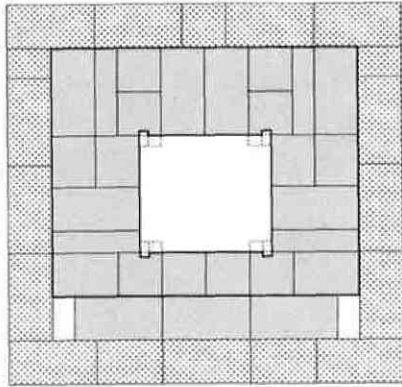


図9 熔融窯の第7段

ロストル面は第7段の耐火煉瓦の上面と同じ高さ。左右各1対の耐火煉瓦に加工してつけたロストル受けに1対のロストルを載せ、その上に10本（1回目の粗煮のみ12本）のロストルを直交させて並べる。第5段の説明参照（写真9-11, 13）。

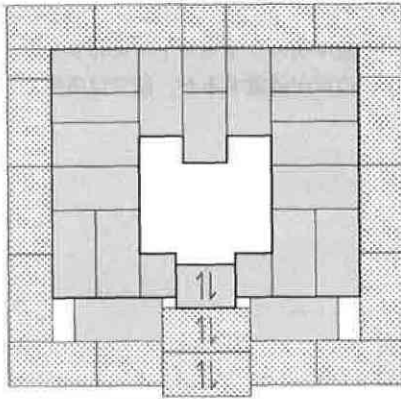


図10 熔融窯の第8段

後壁より突きでた耐火煉瓦は坩堝尻受け(枕)のための台。

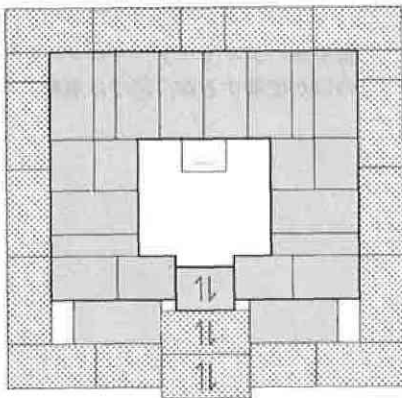


図11 熔融窯の第9段

坩堝の傾斜を変えるには、図10の坩堝尻受けに厚さの異なる坩堝枕（3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm）を載せて坩堝尻の高さを加減する（写真12, 26, 32）。

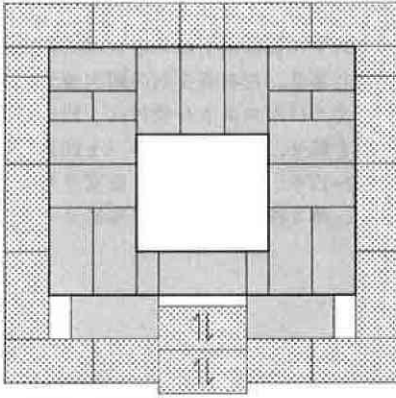


図12 熔融窯の第10段

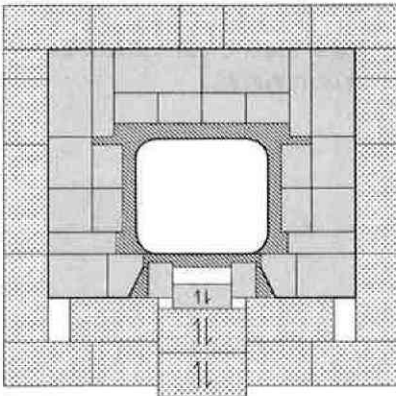


図13 熔融窯の第11段

前壁中央のシャモット・モルタル部に
坩堝の口が位置するが、図では省略。

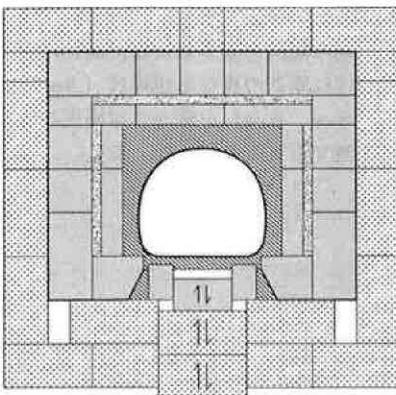


図14 熔融窯の第12段

前壁中央のシャモット・モルタル部に
坩堝の口が位置するが、図では省略。

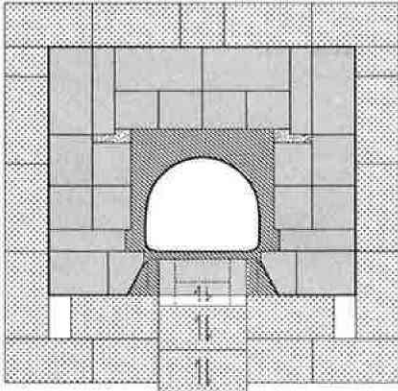


図15 熔融窯の第13段

前壁内側に前板が位置するが、図では省略。

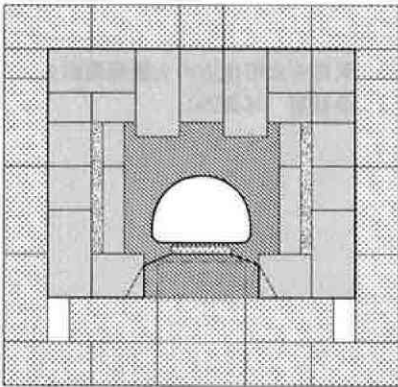


図16 熔融窯の第14段

前壁内側の短冊形の部分は前板の上部。

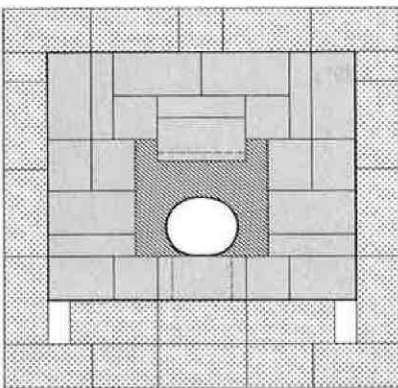


図17 熔融窯の第15段

(写真20-21)

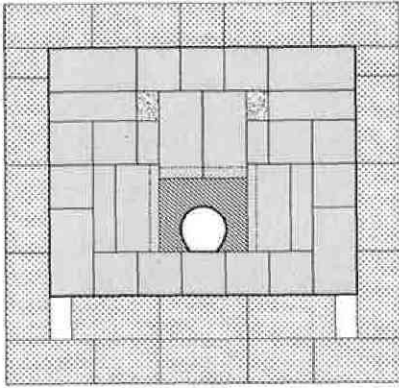


図18 熔融窯の第16段

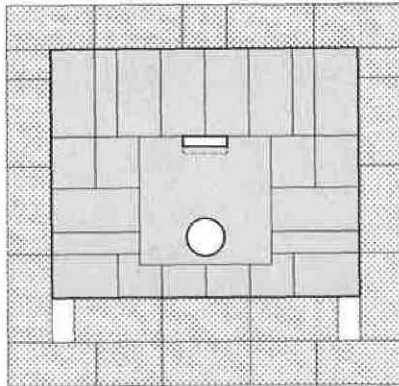


図19 熔融窯の第17段

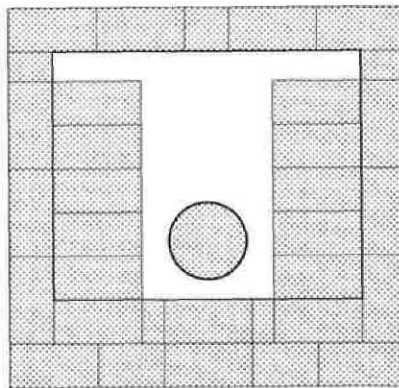
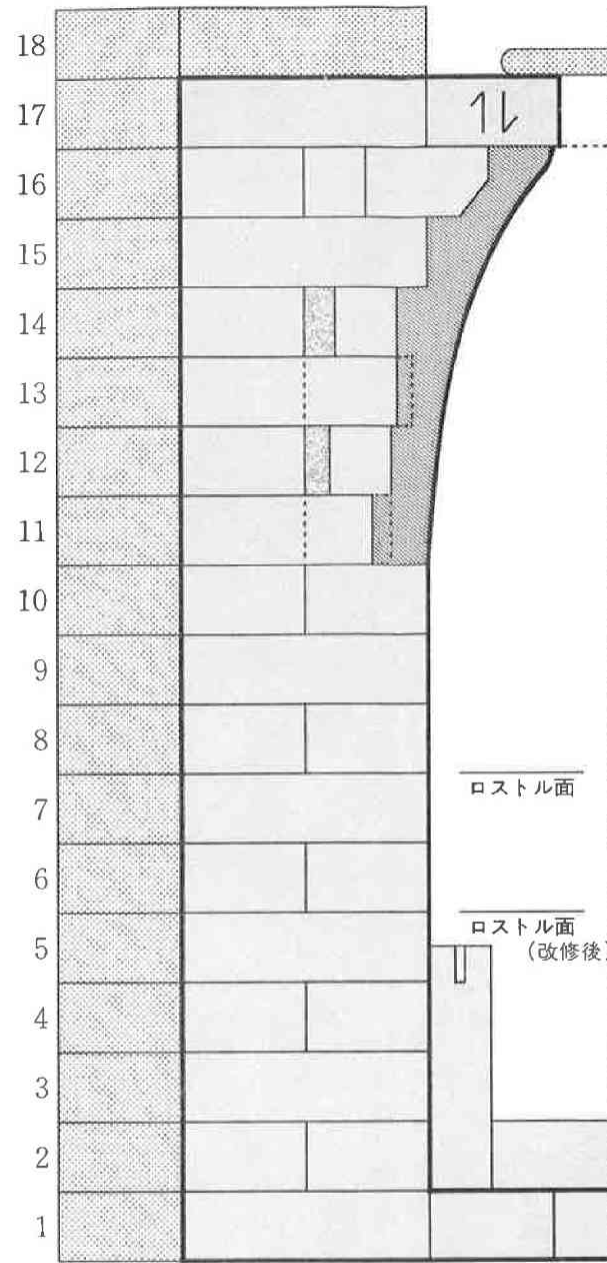
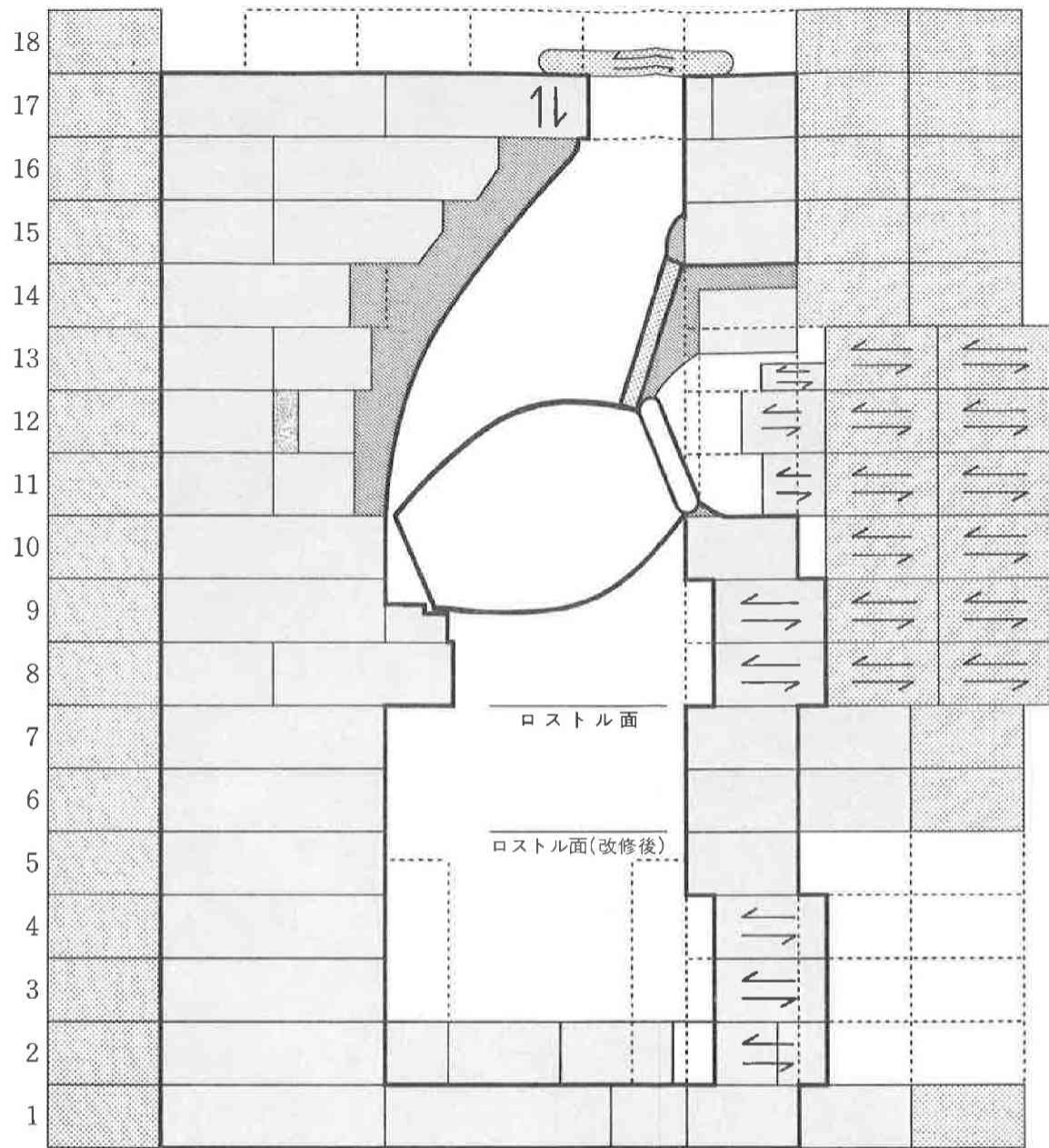


図20 熔融窯の第18段

中央の方形耐火煉瓦（S K 34）は岡山
県和気郡吉永町南方の大阪窯業耐火煉瓦
株式会社製（写真28）。

吹出しの蓋は28斤坩堝の蓋（径20.2cm,
写真29）。



耐火煉瓦部分はすべて目地の寸法を無視して作図した。保温煉瓦部分は必要に応じて撤去できるように空目地で（シャモット・モルタルなしで）積上げただけなので、第17段の上面で耐火煉瓦部分より実際には3.5cm程度低い。第11段から第16段の内側に塗り付けたシャモット・モルタル部分の断面は凡その輪郭にすぎないが、各平面図もこの輪郭線にもとづいて画いた。ちなみに耐火・保温煉瓦の寸法（JIS規格）は230mm×114mm（図では115mm）、厚さ65mm。







-  耐火煉瓦 (SK34)
 -  保温煉瓦 (C-1)
 -  シャモット・耐火モルタル・キャストブル (2-3:1:少量)
 -  キャスタブル
 -  水平方向に着脱可
 -  垂直方向に着脱可
- 太線は改修前の輪郭。

図21 吹出し中央における熔融窯の断面図（右は左壁の断面）

カメラ株式会社放射温度計 (1R-630, 放射率 0.8 として) で行うことにした。

(二) 熔融窯の改修

一回目の熔融で温度が十分に上がらなかったため、熔融窯の改修を自分で行うことにした。まず燃焼室を大きくして、燃料を多く入れられるようロストルの位置を煉瓦二枚分 (一三 cm) 下げるのだが、第七段の平面図、写真 10—12 からわかるように、ロストルの位置が固定されていて、上下に自由に移動させることができない。そこでロストルが一応安定するように窯業サイディング用電着グイヤモンド・ホイールで幅 1 cm の切り込みを一端に入れた第一耐火煉瓦株式会社製の耐火煉瓦 (SK 34) を窯の床四隅に立て、各切り込みに一对のロストルを嵌め込み、その上に改修前と同じく一〇本のロストルを直交させて並べた (写真 32、上段の二本のロストルの位置が改修前のロストルの高さ)。なおロストルが床に近づき過ぎるので、床面にさらに一段上耐火煉瓦を敷いた。次に窯の壁は各段の平面図および図 21 から明らかのように前面だけが薄く、両側面、背面の半分の厚みしかない (一一・四 cm)。特に坩堝口のある第一—四段の部分は写真 27 でみても明らかのように、さらにその半分の厚みもなく、前板のところは厚さ 2 cm 程度で熱の放射が著しい。そこで坩堝の交換には不便となるが、坩堝口を上記耐火煉瓦で写真 33 のように枠取りし、窯本体との隙間をシャモット・モルタルで塗り固め、坩堝口の前には上記耐火煉瓦を空目地で (耐火モルタルなしで) 積み上げた (写真 34)。その上で、窯の前面には空目地で上記耐火煉瓦と七尾市の丸越工業株式会社製の保温煉瓦 (C 1) を積み上げた (写真 34—35、灰落、前栓、坩堝口の部分は鉄製アングルで支えた。写真 35)。これらの措置によって窯の壁は前面も両側面、背面と同じ厚さとなった (各段の平面図および図 21)。以上の措置に加えて、さらに保温のため窯の周囲を上記保温煉瓦で囲むことにした。保温煉瓦は空目地で、しかしそのため安定が悪くなるので敢えて目地を通して積み上げ、崩れぬよう鉄製のア

ングルとフラットで固定した（各段の平面図および図21、写真36）。

註

- (1) 棚橋淳二「日本のガラス（製造2）」『セラミックス』第七巻、窯業協会、昭和四十七年二月、一一〇―一二二頁。
- (2) 渡辺庫輔「長崎町づくし」第五十五回、『長崎新聞』第五五七七号、長崎新聞社、昭和三十七年四月二十五日、五面。
- (3) 内国勸業博覧会事務局「明治十年内国勸業博覧会出品解説」明治十一年序、第二区第二―四類、一三二頁、一三五頁。国立国会図書館蔵（特「1587」）（教育博物館本）。
- (4) 東京芸術大学ガラスグループ「ガラスのかけら(2) 風鈴づくり―篠原健治さんを訪ねて」（前掲『セラミックス』第十二巻、昭和五十二年三月、一三三八―一三九頁）。
- (5) 岡野正一氏による熔融窯の見取り図（図1）。昭和六十三年十二月二十一日、本田山氏と富田林市の岡野氏、田中庄二氏の仕事場を訪問。両氏の一本風炉はほぼ類似していた。

四 加熱窯

昭和六十三年十一月に行った、一回目の鉛の熔融、亜鉛の添加、石粉の予熱までと、粉合わせの途中までの工程では、以前使用していた家庭用の焔炉二台を利用した。しかし焔炉の外径が二五cm、および二二・五cmと小型で、鉄の平鍋の周囲の温度が上がらず、平鍋の中央部で熔けた鉛が周囲で固化してしまうため、また鉛より熔融温度の高い亜鉛を熔融させ、さらに粗煮を行うのは困難なため、もう少し大型の焔炉が必要になった。その後、市販のものを探したが見当らず、結局上記の工程を行えるだけの加熱窯を築くことにした。熔融窯の築造中、末廣氏の作業振りを見学していたので、加熱窯の設計、施工は自分で行った。加熱窯はさほど温度を上げる必要がないので、七尾市の丸越工業株式会社製の保温煉瓦（C1）を、目切り、石頭鎚（〇・九kg）、片刃トンカチ、保温煉瓦用鋸などで適当な大きさに切断し、あるいは切り込みを入れるなどして用い（写真37―39）、熔融窯の内壁に塗り込んだと同じシャモット・モルタルで積み上げた。なお加熱窯の中程より少し下に、熔融窯と同じく鉄製のロストルを組み込んだ（図22―27、写真40―45）。

註

- (1) 橋本篤男『小型ガラス炉の冷修』（窯業協会、昭和四十七年再版）、一〇頁。

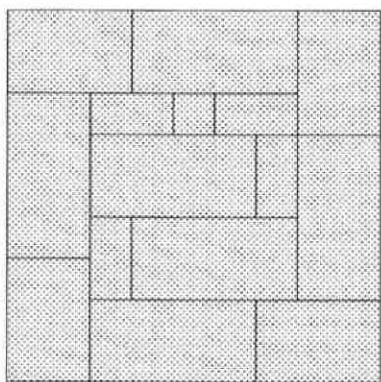


図22 加熱窯の第1段

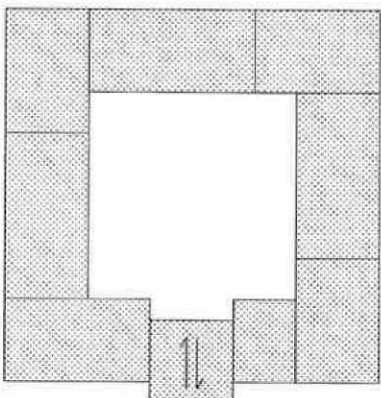


図23 加熱窯の第2段

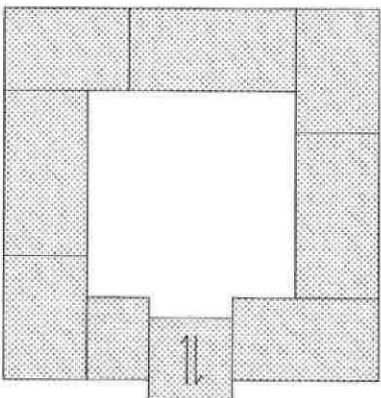



図24 加熱窯の第3段

図22から図27は加熱窯の第1段から第6段までの保温煉瓦上面の平面図で、いずれも目地の寸法は無視して作図した。ちなみに保温煉瓦の寸法(JIS規格)は230mm×114mm(図では115mm)、厚さは65mm。加熱窯の実寸は間口52.5cm、奥行52.5cm、高さ42cm。

 保温煉瓦 (C-1)

 水平方向に着脱可。

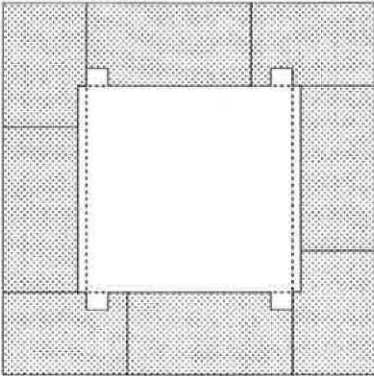


図25 加熱窯の第4段

ロストル面は第4段の保温煉瓦の上面と同じ高さ。左右各1対の保温煉瓦に加工してつけたロストル受けに1対のロストルを載せ、その上に11本のロストルを直交させて並べる（写真42-44）。

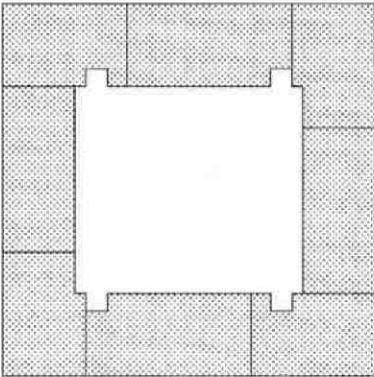


図26 加熱窯の第5段

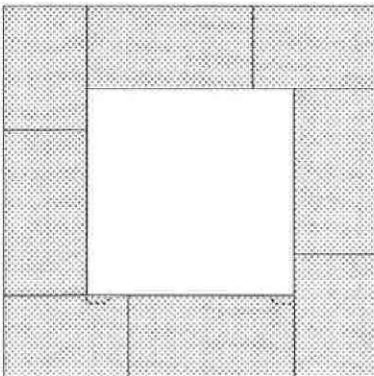


図27 加熱窯の第6段

五 埴 塙

『日本近世窯業史』によると、宝永年間（一七〇四—一一）より信楽産の茶壺がガラス熔融用の埴塙として用いられてきたが、元文年間（一七三六—四一）、同じく信楽において「塙壁を厚くし其他の諸点に稍々改善を加え」るなどの工夫がなされ、ガラス熔融に適した埴塙が製作されるようになったという。⁽¹⁾ なお内国勸業博覧会資料には、明治十年頃における「信楽製徑壹尺三寸許ノ埴塙」（おそらく三五斤相当）の使用例がみられる。⁽²⁾ その他、埴塙としては唐津焼の壺、⁽³⁾ 赤津の壺、ただし水精ガラス用には赤津の壺は不適合で、瀬戸・常滑などの無釉の壺が用いられていたという。⁽⁴⁾

現在、江戸時代の未使用の埴塙を入手することは殆んど不可能に近いので、株式会社本田山埴塙耐火煉瓦工業所製の茶壺形八斤埴塙を使用することにした。八斤埴塙は、高さ二九・〇cm、口の外径一三・〇cm、口の内径一〇・三cm、胴径二二・六cm。原料は葉臘石、木節粘土、シャモット（回収埴塙の心の部分の末）。

註

- (1) 大日本窯業協会『日本近世窯業史』第四編「硝子工業」（大日本窯業協会、大正六年、昭和四十一年復刻）、一九二—一九三頁。
 - (2) 内国勸業博覧会事務局『明治十年内国勸業博覧会出品解説』明治十一年序、第二区第二一四類、一三三頁。国立国会図書館蔵（特17—587）（教育博物館本）。
 - (3) 寺島良安『和漢三才図会』版本、正徳二年序、卷第六十、五ウ。びいどろ史料庫蔵。
 - (4) 花井一好『和硝子製作編』稿本、文政十二年序、（平井保正編『覃思叢録』卷三十五）、七ウ（本文）。前田育徳会尊経閣文庫蔵。
- 花井一好『和硝子製作編附録』稿本、文政十三年附言、（前掲『覃思叢録』卷三十五）、十四オ—十四ウ（本文）。

六 燃料

以前「江戸時代のガラス」において概観したように、江戸時代にはガラス熔融のためにもっぱら木炭、それも堅炭が用いられていたし、内国勸業博覧会資料によれば、明治時代前期にもまだ木炭が用いられていた。(2)と「木炭の最高発熱温度は約二、〇〇〇度であるが、家庭に於ける実用的程度の使用量及び用法では可なり低く最高七、八百度位である。一時に多量を用ひ通風を大とする時は高温度となる」という。また「硬質木炭は燃焼速度小であつて、等量では稍々低温度に徐々に燃焼し軟質炭は高温で短時間に燃焼し尽すが、等容では略類似の最高温度となり硬質炭は極めて長時間に燃焼」するといふ。序論にも記したように、この度の実験は木炭を燃料としてガラスの製造を行うことであり、どのような規模、構造の窯で、どの程度まで温度を上げ得て、さらに木炭の補給なしに、どの程度高温を維持し得るかが主要な課題である。

堅炭の中でも備長炭は、火力が強く火持のよいことで定評があり、明治十年頃大坂府天神筋町の二代目伊藤庄三郎も熊野産の備長炭を用いていたといふ。(4)そこで、この度は特に品質の優れているといふ本場紀州産の馬目備長(5)（姥芽うばめがし）うまめがしを原木とし備長窯で焼いた炭）を燃料として用いることにした。しかし近年備長炭は、その生産量が少ないにも拘らず、蒲焼、焼鳥、焼肉、焙煎などでの需要が急増し、一般の小売業者からの入手が困難なため、和歌山県日高郡南郡町のみなべ農業協同組合に研究上必要な事情を説明し、同組合の大野好治氏の格別の計らいで表1に示す銘柄の備長炭計一五〇kgを購入し得た。

ちなみに備長炭だけを熔融窯に入れておいたのでは、後述のように十能あるいは火熾し一杯分程度の備長炭を都市ガ

スで熾して、これを燃焼室に詰めた備長炭とロストルの間に挿入しても、火の移らぬまま消えてしまう。それ故、一回目は軟炭（二〇年程前の使い残しのため品質不明）を用い、二回目は火つきの良く火力の強いという岩手県産の檜を原木とした炭（以下檜炭という）を用意した。

表 1

ウバメ備長炭銘柄別使用量。いずれも姥芽楮（ウバメガシ）を原木とし、硬度一五度以上の白炭。⁽⁶⁾ 使用量欄の「丸に玉」などは生産者名の略号。「丸に玉」の馬目上小丸、馬目半丸、「や」の馬目小丸など長さが三〇―五〇cmのものは夜中に窯の内壁に沿って立て詰めにする以外は短かく砕いて用いた。使用量は多くの場合〇・五kg単位で読みとつたので、正確な値ではなく目安にすぎない。使用量の内訳は表2に示す。

銘柄	量目(概数)	規格	第一回使用量	第二回使用量
馬目上小丸	三〇 kg	径三一四・五 cm	「丸に玉」一一・九五	「丸に玉」九・二
馬目上	六〇	径二一三	「や」一四・〇、「丸に新」一三・〇	「丸に新」一七・五
馬目小丸	四五		「丸に新」一八・九、「丸に新」三二・七	
馬目半丸	一五	二つ割、長辺三一七	「丸に玉」一四・〇	
	計一五〇		計五二・九五	計七八・三

表2 第一回および第二回ガラス熔融におけるウバメ備長炭使用量内訳。

第一回使用量内訳			第二回使用量内訳		
使用日	熔融窯	加熱窯	使用日	熔融窯	加熱窯
五月三日	kg 二二・一五	kg (計量せず)	十二月二日	kg 五三・八	kg 五・〇
四日	八・五		三日	一七・五	二・〇
五日	一九・三	三・〇			
	計四九・九五	計三・〇		計七一・三	計七・〇
五月三日、熔融窯、加熱窯では軟炭を併用(計量せず)。五日、熔融窯では軟炭〇・七kgを併用。			十二月二日、熔融窯では檜炭一〇・七kg、加熱窯では檜炭一・三kgを併用。三日、加熱窯では檜炭一kgを使用。		

註

- (1) 棚橋淳二「江戸時代のガラス」(由水常雄・棚橋淳二『東洋のガラス—中国・朝鮮・日本』三彩社、昭和五十二年)、一六〇頁、第四表。
- (2) 内国勸業博覧会事務局『明治十年内国勸業博覧会出品解説』明治十一年序、第二区第二一四類、一二七—一三六頁。二区五類、五八頁。国立国会図書館蔵(特17-587)(教育博物館本)。
- 棚橋淳二「鉛丹ガラスと金属鉛ガラス」(三)、『研究紀要』第十九号、松蔭女子学院大学・短期大学学術研究会、昭和五十二年十二月)、四二—四三頁、第六十八表に上記内国勸業博覧会資料の燃料関係記事を抄録。
- (3) 三浦伊八郎『木炭の科学と常識』(河出書房、昭和十七年)、七〇頁。

- (4) 内国勸業博覧会事務局、前掲書、第二区第二十四類、一三五頁。
- (5) 岸本定吉「炭」(丸ノ内出版、昭和五十一年)、三六頁。
- (6) 岸本定吉、前掲書、三五頁、第三表による。

七 原料

(一) 石粉

一回目の調査では、製造工程で石粉以外からの程度不純物が加わるかを調べるため、石粉として和光純薬工業株式会社製の試薬特級、二酸化珪素(沈降製微粉、鉄〇・〇〇五%以下、アルカリ〇・一%以下)を利用したが、二回目の調査では、これよりも粒度が粗く、しかも江戸時代に用いられていた石粉に近いものを使用したため、また当時の硝子師も行ったであろう石粉製造に要する手間、できた石粉の粒度などを明らかにするため、石粉の製造を試みた。

(1) 種石の採集

江戸時代には、京都山科の日岡石(ひのおかいし)の粉が有名であったが⁽¹⁾、現在では原石が採掘されていた辺りが宅地化され、原石を採集し難い。⁽²⁾そこで、やはり当時大坂辺りの硝子匠が用いていたという養老の辺りの玉火石(たまびし)(燧石)⁽³⁾を利用することにした。養老の燧石については、昭和五十一年四月二十七日から二十八日にかけて調査したことがあるが⁽⁴⁾、現在、地元で燧石と称されているものが、どのような石なのかを確認するため、また石粉製造用の原石を採集するため、平成元年九

月十一日から十二日にかけて再度の調査と採集を行った。今回は養老公園事務所長の清水正美氏より養老の滝のある滝谷の支流で、滝谷より一つ北の唐谷⁽⁵⁾(下流に火打橋がある)で採集されたという「燧石」を恵与された。それは細かい層理のみられる帯微緑灰色の石で、前回の調査の折、唐谷より約〇・五km北にある柏尾谷(東海自然遊歩道との交点)左岸山腹で寓目したチャート(Chert)の露頭から砕け落ちた破片(写真46、昭和五十一年四月撮影)と類似のものであった。ちなみに滝谷にも類似のチャートがある。

今回は唐谷橋から二つ目の堰堤の下まで、唐谷を遡行できたが、そこから上は高巻き用の細い巻き道が数日来降り続いた豪雨のため崩れていて通れぬので、また地元の人達から繁殖期の蝮に注意するよういわれていたので、無理に遡行して露頭を探すのは断念し、二つの堰堤の間で細かい層理のみられるチャートの転石(写真47、約二五・五kg)一つを漸く見つけて採取し得た。ただし取りあえずは拳大の破片の方が利用し易いため、上記の柏尾谷左岸山腹に散乱するチャートを一〇kg余採集し、この中から、特に細かい層理のみられる破片約一・六二kgを選んだ(写真48)。

(2) 種石の煨焼・急冷・乾燥

『和硝子製作編』の「種石の煨方」の条によると、拳大に砕いた石を「種石煨炉」の「泥筋」(簀の子)の内にいれ簀の子の周囲に木炭を詰め、烈火となつて火焰の出る状態で強熱した後、水中に投じるといふ、なお加熱時間は、石の堅軟、量の多少により加減するとあつて、具体的に何時とは記されていない。

今回は種石煨炉として前記の加熱窯を利用し、簀の子として古い洗濯機付属のビニール被覆の鉄線製の籠を、ビニールを焼いた後磨いて使用した。加熱窯に比して籠が多少大きく、周囲に詰めた木炭だけでは三〇分経過しても十分に温度が上がらぬため(写真49)、籠の中にも木炭を詰めて加熱した。さらに一時間後、赤熱状態になっていたチャートにはす

で亀裂が生じ一部は砕けていたが、水中に投入するにおよんで、さらに砕けた(写真50)。ブリキ製バケツの水を傾け去り、石を箆にとり天日で乾燥(九月二十六日、晴天のため約三〇分)。煨焼後のチャートは、チャート特有の緻密な石質が多少粗鬆になったように感じられ、層理の有色の個所が赤褐色に変じた(三酸化二鉄が成生)。また木炭を箆の中にも詰めため、木炭の灰に含まれる炭酸カリウムの影響らしく、チャートの表面がガラス光沢を帯びるに至った。

(3) 種石の粉碎

搗き臼と豎杵の利用 『和硝子製作編』の「石粉の事」の条には、水気を能く乾した石を臼に入れ搗いて粉末とし、「細き絹羅」で篩って粉を取り、さらに「水飛」(水簸)として乾し用いるとある。また同書には木製の臼(見込みに鉄盤が埋め込まれているのかも知れない)と先端に小さい鉄角柱を埋め込んだ横杵の図が掲載されている。しかし今回は木製の臼ではなく、三輪茂雄氏『臼(うす)』に掲載されている岐阜県養老郡上石津町の水車小屋で用いられていたという上筒臼の図を参考にして種石の粉碎を試みた。ただし上筒臼のような円柱形で凹みのない臼を入手できないので、臼から粉末を取りだすには不便だが、灘の酒屋にあったという餅搗き用の花崗岩質の搗き臼(外径四六cm、内径三七cm、深さ一一・五cm、重さ四〇kg)を古道具店より入手し、また上筒の代りにはポリエチレン製のバケツ(外径最大三一・五cm、高さ二九・三cm)の底に径一五・五cmの穴をあけて、搗き臼の上に逆さに載せて使用することにした(写真51)。

杵については、上記のような鉄の角材を埋め込んだ横杵は、石の飛散防止のための上筒(バケツ)を用いる関係上、使い難いので、豎杵を作り使用することにした。豎杵は柄の円柱(径一〇cm、高さ一四・七cm)の下側底面に最大径約五cmの偏八角形、奥の方で径三・五cmの孔をあけて、石頭錘(一・一kg)の頭部半分を埋め込み、上側底面には径四cmの孔をあけて、細いラミン(ramin)の棒(径三・九cm、長さ九〇cm)を三・六cm埋め込み使用することにした(写真52)。

搗碎作業には約二時間半を要したが、途中で適宜休憩し、また目開き1mmのステンレス製箄(径25cm)での篩過、記録、撮影を行ったので、この作業のための実働時間は約二時間であった。入手した搗き臼が花崗岩質であるためか、餅搗き用であるためか、臼の内側が滑らかでなく、多数の小凹部が散在していて、竪杵で搗いても凡てを細粒化することはできなかった。

粉挽き臼の利用　そこで目開き1mmの網目を通った粗粒石粉(写真53)を粉挽き臼で細末化することにした。ちなみに『和硝子製作編』にも、特に使途は記されていないが、粉挽き臼の図が掲載されている。⁽¹⁰⁾近年古道具店で扱う粉挽き臼には芯棒、挽き木のないものが多い。都会で粉挽き用として使われることがほとんどないためであろう。今回入手した花崗岩質の粉挽き臼(径約33cm)には木製の芯棒が残っていたが、挽き木がなかったため、櫂の棒と小角材を購入し、小角材には挽き木を通す孔を開け、またその一端に上臼の側面の方孔に嵌めて固定するための柄ノセを削り出して用に供した(写真54)。粉挽き作業には約三時間を要したが、この間、適宜休憩し、記録、撮影を行ったので、この作業のための実働時間は一時間五〇分であった。なお以上の粉砕工程で一・五六kgの粗細混合石粉(写真55)が得られた。

(4) 石粉の水簸と乾燥

「絹羅」の入手に手間どっていたため、さきに記した『和硝子製作編』の工程とは順序が逆になるが、とりあえず水簸を試みることにした。容量8ℓのポリエチレン製のバケツ(径二六・三cm、高さ二四・三cm)に得られた石粉の十分の一程をとり、水約三ℓ、深さにして約一〇cmを加えて攪拌し、約一〇秒後⁽¹¹⁾に容量四五ℓのポリエチレン製大型バケツ(径四〇・五cm、高さ五〇cm)に上澄みを傾瀉し、さらに石粉の十分の一を加えて同じ操作を行い、これを繰返して、すべての石粉を水簸した(写真56)。この工程に要した時間は約二五分であった。小型のバケツに残った石粉は木製平桶

(径三一・五cm)に移して自然乾燥させ(写真57)、約三二と、深さにして約三五cmの水のはいった大型バケツは八〇時間一五分程放置して微粉まで沈降させた後、上澄みを傾瀉した。しかし傾瀉中水流のため、沈降物が浮上するので、傾瀉は二五と程度にとどめ、さらに、三六時間程放置して残り七と(深さにして約一〇cm)を傾瀉した。これで一 μ m(ミクロン)前後以上の粒径の石粉は計算上、ほぼ回収できたことになる(写真58)。

(5) 石粉の篩過

石粉の水簾については、殆んどの書で触れられていないが、篩過については二、三の記述がみられる。すなわち『万金産業袋』には「石の白ウチに入レ鉄かねの杵きねにていかにも細末し。羅まねらひ合あひにかけて」、また『庶物類纂』には「溪澗ノ白石ヲ采リ、焼キ碎キ末トシ、細絹ニテ篩過セルヲ十斤」(原文漢文)、『明治十年内国勸業博覧会出品解説』には「界の小西九平の製法として「伊予石ヲ燻キ之ヲ鉄白ニテ搗碎シ篩ニテ篩ヒ」とある。絹篩は次第にナイロン篩に代わり、入手し難くなっているという。今回は最近出版された三輪茂雄氏の『篩(ふるい)』⁽¹⁵⁾に、現在も絹絹を扱っていると記されている福岡県小郡市の株式会社田中三次郎商店に内法約二四・四cm角の木杵に目開き一四七 μ m(一〇〇メッシュ相当)、一〇五 μ m(一五〇メッシュ相当)の絹絹を張った二種類の絹篩(写真59)の製作を依頼した。ちなみに目開き一〇五 μ mの絹篩は絹製品としては同店で最も小さい目開きのものである。なお『篩(ふるい)』⁽¹⁶⁾には旧式製粉機に残っていたという網の断片の顕微鏡写真が掲載されており、目開きは部分的にかなり異なり、およそ五〇―七五 μ mと読みとれた。

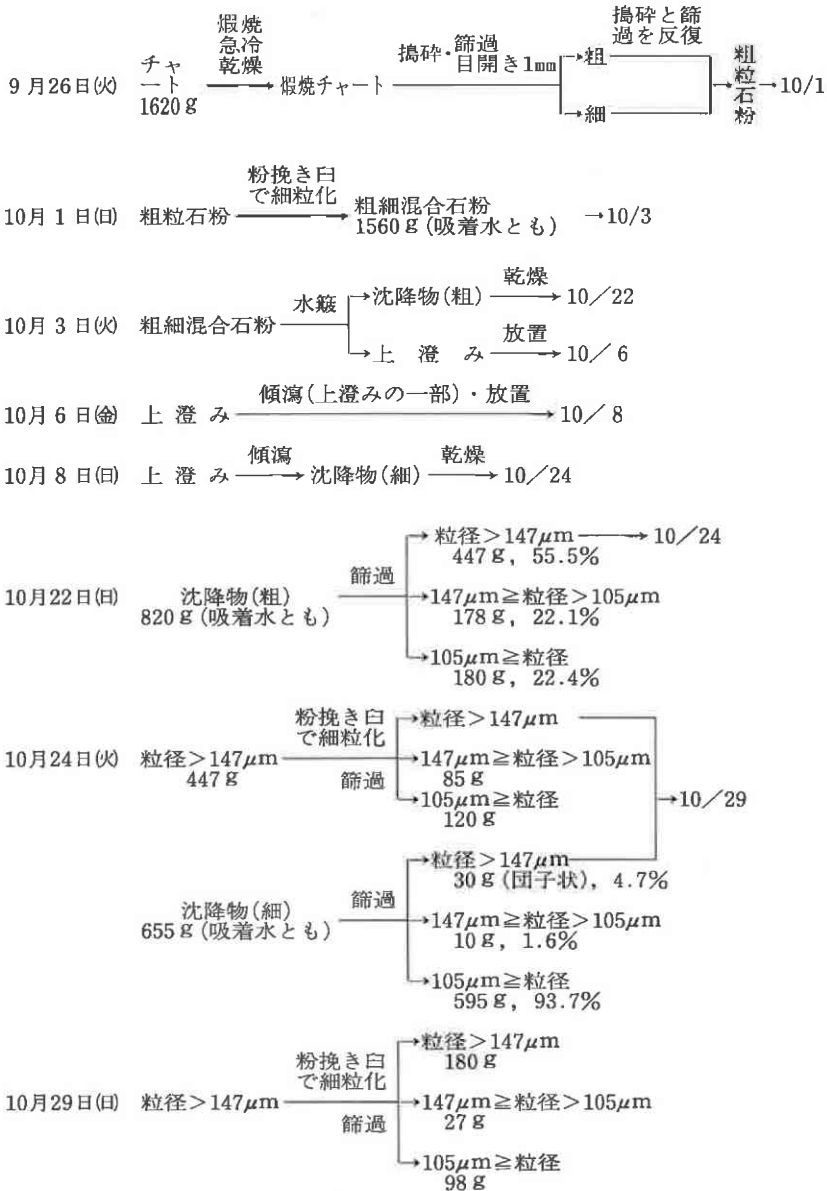


図28 石粉の製造工程。石粉の重量は秤量4kg, 最小目盛10gの台秤で測定した。しかも風袋, 石粉ともに吸湿性があるため天候の影響を受け易い。したがって上記の重量は誤差が多く, 目安にすぎない。なお工程の途中で4回計170gの標本を残した。

表3 石粉の粒度分布。この内一四七 μm ≧粒度>一〇五 μm のもの二七〇g(二) 二・一%、一〇五 μm ≧粒度のもの九四九g(七七・九%)、計一二一九gを原料として用いた(表6)

	粒度>一四七 μm	一四七≧粒度>一〇五 μm	一〇五 μm ≧粒度
沈降物(粗)	g 一八〇	g 一七八 八五 二七	g 一八〇 一二〇 九八
沈降物(細)		一〇	五九五
計	一八〇	三〇〇	九九三
百分率	一二・二%	二〇・四%	六七・四%

坩堝窯用の石粉の粒度範囲は成瀬省氏の『ガラス工学』によると最高で粒度二〇〇 μm (七〇メッシュ)、最適範囲は一八〇—一五〇 μm (八〇—一〇〇メッシュ)で、坩堝窯用では最低の制限は特になく、いくら粒径が小さくても差支えないという。今回は一四七 μm (一〇〇メッシュ)以下に調整することにした。

沈降物(粗) 八二〇gを目開き一四七 μm の絹篩で少量ずつ二五回に分けて篩うのに一時間、篩を通った三七三gを目開き一〇五 μm の絹篩で二〇回に分けて篩うのに三五分を要した。篩を通らなかつた四四七gは、再度粉挽き臼で細粒化し(約五〇分)、目開き一四七 μm および一〇五 μm で篩った(合わせて実働時間四〇分)。

水簸の際の上澄みから得られた沈降物(細) 六五五gを目開き一四七 μm で篩うのに実働時間五〇分、篩を通つたもの

を目開き一〇五 μ で篩うのと同じく一時間を要した。沈降物（細）の方には粒径の極めて小さいものもあり、また団子状に小さく固まる傾向があつて、目詰まりがおこり、篩過の作業は難渋した。

以上石粉を得るための製粉工程を図28にまとめ、得られた石粉（灰色）の粒度分布を表3に示しておく。

(二) 鉛

一回目の調査では、表面が既に黒く変色した鉛板を用いたが、二回目の調査では東京鉛株式会社製の地金（一本当り約一・二kg）を用いた。

(三) 硝石

江戸時代における硝石の製法は『硝石製煉法』などに精しいが、同時代後期には硝子師が石粉を調製することはあつても、硝石まで自家で調製することはなかつたと思われるし、また当時の硝石を入手することも極めて困難なので、一回目、二回目とも米山薬品工業株式会社製の試薬一級、硝酸カリウム（カルシウム〇・〇一％以下）を使用した。

(四) 亜鉛

江戸時代の中期のことは未詳であるが、後期には鉛の滓をとるために亜鉛が加えられることが多かつたようである。『退閑雜記』⁽¹⁹⁾、『硝子伝授書之事』⁽²⁰⁾、『和硝子製作編』⁽²¹⁾には、それぞれ添加すべき亜鉛の量が記されている（表4）。当時の地金を入手することは鉛の場合と同じく極めて困難なため、一回目、二回目とも和光純薬工業株式会社製の試薬特級、粒状亜鉛を用いた。

表4 鉛に添加する亜鉛の量

鉛	亜鉛	割合	時期	出典
百目	二文目五分	一〇〇〇・二五	寛政五十九年(一七九三—九七)	『退閑雜記』
壹〆め	三十目	一〇〇〇・三〇	文政九年(一八二六)	『硝子伝授書之事』
一貫錢	三十錢計 <small>ごんじ</small>	一〇〇〇・三〇	文政十二年(一八二九)	『和硝子製作編』

註

- (1) 花井一好『和硝子製作編』稿本、文政十二年序、(平井保正編『覃思叢録』卷三十五)、二ウ(本文)。前田育徳会尊経閣文庫蔵。
- (2) 棚橋淳二『和硝子製作編并附録』について「II、(『Glass—ガラス工芸研究会誌』第二号、ガラス工芸研究会、昭和五十一年九月)、七頁、一〇頁。
- (3) 花井一好『和硝子製作編附録』稿本、文政十三年附言、(前掲『覃思叢録』卷三十五)、十五ウ(本文)。
- (4) 棚橋淳二、前掲論文、七頁、一〇頁。
- (5) 門脇黙一『養老郡志』(岐阜県養老郡役所内岐阜県地方改良協会養老郡支会、大正十四年)、四三三頁には、燧石の産地として、「高田町大字押越字唐谷。養老村大字白石字屏風谷」とある。滝谷の支流の唐谷は旧養老村に位置するので、この唐谷は『養老郡志』の唐谷とは異なると思われる。
- (6) 花井一好、前掲『和硝子製作編』三オ—三ウ(本文)。
- (7) 花井一好、前掲『和硝子製作編』三オ(本文)。
- (8) 花井一好、前掲『和硝子製作編』十九ウ(本文)。

原料調合比			調合名・ガラス名	推定清澄温度
鉛	石粉	硝石		
1000	650	350	軟種	1137.0
1000	700	580	煉玉	1079.5*
1000	800	850	硬種	1063.0*

表5 江戸時代における推定清澄温度の低い調合

- (9) 三輪茂雄『白(うす)』ものと人間の文化史25(法政大学出版局、一九七八)、一〇四頁。
- (10) 花井一好、前掲『和硝子製作編』二十ウ(本文)。
- (11) 三輪茂雄『篩(ふるい)』ものと人間の文化史61、(法政大学出版局、一九八九)、一六三頁。表五・一によると粒子密度 $2.65\text{g}/\text{cm}^3$ (石英の密度に相当)、水温 20°C のとき $100\mu\text{m}$ の粒子が 1m 降下するのに一分五二秒を要するという(10cm ならば 1.12 秒)。したがって粒径 $100\mu\text{m}$ 程度以下の粒子が上澄みに残る計算になる。
- (12) 三宅也来『万金産業袋』版本、享保十七年刊、巻之三、十五ウ。びいどろ史料庫蔵。
- (13) 稻生若水・丹羽正伯『庶物類纂』稿本、元文三年成、玉屑、巻之二十三、硝子、二ウ。内閣文庫(国立公文書館)蔵。雄松堂フィルム版による。
- (14) 内閣勸業博覧会事務局『明治十年内閣勸業博覧会出品解説』明治十一年序、第二区第九一〇類、九四頁。国立国会図書館蔵(特 $7-587$) (教育博物館本)。
- (15) 三輪茂雄、前掲『篩(ふるい)』七二頁。
- (16) 三輪茂雄、前掲『篩(ふるい)』七三頁。
- (17) 成瀬省『ガラス工学』(共立出版、昭和三十三年)、一三頁、第三・三表。
- (18) 桜寧居士(平野元亮)『硝石製煉法』版本、嘉永六年凡例、文久三年新鑄、三〇一三ウ、十一〇一十八オ、二十四ウ。静嘉堂文庫蔵。
- (19) 松平定信『退閑雜記』巻之一、(『日本随筆全集』第十四卷、国民図書、昭和三年)、一七四頁。
- (20) 硝子師栄二郎『硝子伝授書之事』文書、文政九年、松垣元吉氏蔵。

	銭	銭	g
石 粉	650/2	325	1218.75
鉛	1000/2	500	1875
硝 石	350/2	175	656.25
亜 鉛	30/2	15	56.25

表 6 「軟種」による第 1 回、第 2 回の調査。1 銭(め) = 1 匁 = 3.75 g

(21) 花井一好、前掲『和硝子製作編』、七オ(本文)。

八 調 合

『大辞林』によると⁽¹⁾「調合」は「幾種類かの薬品をきめられた分量でまぜ合わせること」という。ガラス工学においても、この語は同様の意味で用いられている。しかし、ここでは「まぜ合わせることを前提とした幾種類かの原料のきめられた分量」という程度の意味で用いたい。まぜ合わせるのは「粉合」以下の工程になるからである。

江戸時代中期から明治時代前期のガラスの調査については、すでにかかりの例を収集し、かつ各調査比毎の推定清澄温度をも算出してあるので、とりあえずは、それらの調査中より最も推定清澄温度の低い調査を選んで熔融を行うことにした。ただし表 5 に示した調査のうち、硬種は硝石の量、三百五十銭を八百五十銭と誤記している可能性が極めて大きいこと、また煉玉の推定清澄温度は硬種の場合と同じく、スラヴァンスキーの法の適用範囲を越えているにも拘らず、単なる目安として算出したものであるため、最低値とはいえぬが、軟種の調査を採用し、分量は使用する坩堝の容量の関係上『和硝子製作編』所載の分量、石粉六百五十銭、消石三百五十銭、金公^{ひまり}一貫銭、

亜鉛三十銭の各半量とした(表6)。

第一回(昭和六十三年十一月八日)

第二回(平成元年十一月二十日)

註

(1) 松村明『大辞林』(三省堂、一九八八)一五六七頁。

(2) 棚橋淳二「江戸時代におけるガラス技術の変遷と伝播」(『研究紀要』第二十五号、松蔭女子学院大学・短期大学学術研究会、昭和五十八年十二月)、七四／七五頁、第一表。ただし添加する亜鉛については考慮していない。

九 鉛の滓の除去

江戸時代におけるガラス製造工程の大筋は序論に記したが、この度のガラス製造は、ほぼ『和硝子製作編』に述べられている工程に準拠して行うことにしているので、以前作製した工程図を図29に掲げておく。

第一回(昭和六十三年十一月十三日)

一回目には鉄の平鍋として袴田金属工業株式会社製の業務用揚げ鍋(径三二cm、深さ約八・五cm)を用いることにし、使用上の指示に従って一度空焼きし、防錆被膜を除いた。ところが、やはり防錆のため鋼板が黒皮(四酸化三鉄)加工

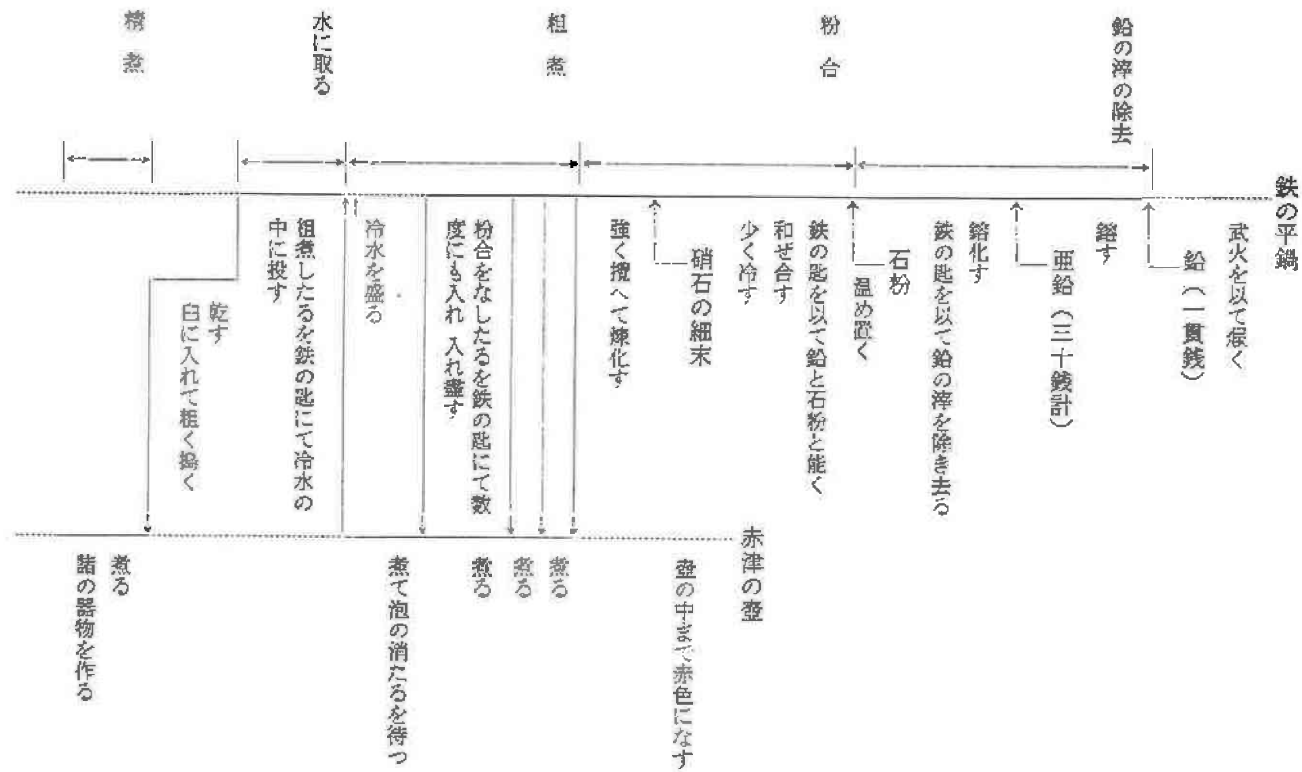


図29 【和硝子製作編】によるガラス製造工程

されていて、しかも、これを磨き取るのが困難であったため、そのまま用いた。

まず熾した軟炭を入れた焔炉(径二五cm)に平鍋をかけて十分に予熱、鉛板一八七五gを入れて溶かそうとしたが、既述のように焔炉が小型であるため、平鍋の中央部で一旦溶けた鉛が、周辺部で固まり、固まった部分を火箸で中央部へ移して再度溶かすという無駄な操作を余儀なくさせられて加熱時間が延び、溶けた鉛の上には次第に黄褐色の鉛の酸化物が浮ぶに至った。次いで亜鉛五六・二五gを投入(写真60)。鉛の融点三二七・五℃に対して亜鉛の融点は四一九・五八℃と高い上に、鉛の比重一一・三四に対して亜鉛の比重は七・一二と小さく、従ってかろうじて溶けている程度の温度の鉛表面に浮いている状態では、亜鉛は全く溶けぬため、火箸で鍋底へ圧へつけて加熱することにより多少溶かすことができた。この段階で都市ガスによる加熱に切り換えた。亜鉛が溶け込んだためか、鉛の酸化物が雲状雲状に変化した。中華料理用の鉄製の籠籠(同じく黒皮加工のなされた)で鉛などの酸化物からなる「鉛の滓」を掻き集めて除去した(写真61—63、約三九・五g、一四八g)

— 第二回(平成元年十二月二日)

熔融窯の吹出しで熾した(写真80) 檜炭1kg、馬目小丸二kgを加熱窯に入れて、株式会社リバーライト製の平鍋(IIパエリアパン、黒皮加工なしの二mm鋼板使用、径三〇cm、深さ六cm)を掛け、一四時に鉛を、一三分後には溶けた鉛の上へ亜鉛を加えた(写真81)。二分程で溶けた亜鉛を一回目と同じ鉄の籠(グラインダー、研磨布で黒皮を除去)で鉛と混合させ、この間に表面に生じた被膜を、鉄の籠で掻き集めて除去(写真82、五三・六g)。所要時間は鍋に鉛を入れてから二五分程度であった。

註

- (1) 棚橋淳二「鉛丹ガラスと金属鉛ガラス」(一) (『研究紀要』第十六号、松蔭女子学院大学・短期大学学術研究会、昭和四十九年十二月)、六四頁、第二図。
- (2) 国立天文台『理科年表—平成二年—』(丸善、平成元年)、四八四頁。
- (3) 国立天文台、前掲書、四三—八頁。

十 粉合わせ

第一回(昭和六十三年十一月十三日、平成元年五月三日)

『和硝子製作編』では「粉合」と記されているが、本稿では送り仮名を付して記すことにする。前掲工程図(図29)に従って、石粉(二酸化珪素末)を空焼きした貝印株式会社デリコ事業部製の北京鍋(径二七cm、深さ八cm)に盛り、熾した炭をいれた焔炉(径二二・五cm)に掛け置き予熱(写真60—62)。この石粉を少量ずつ鉄匙、すなわち中華料理用の鉄製御玉杓子(径一一・五cm、黒皮加工)で平鍋中の熔けた鉛の上に移しては攪拌するといふ操作を繰返し(写真62)、二度に分けて予熱した石粉すべてを鉛の上に移した。この際、北京鍋内側の黒皮が部分的に剝離し、石粉に混入した。熔けた鉛と石粉が混合するにつれて、石粉の色は多少とも黒ずみ、攪拌する手応えは次第に重くなっていった。熔けた

鉛がすべて石粉と混合するまでに、約一時間を要した。この工程で、鉛は次第に細粗の粒と化し、部分的に石粉と反応し、一部は共融、一部は化合したように見受けられた（写真64—65、篩の目開きは1mm）。

一旦冷し、硝石末を加えて（写真66）、十分に攪拌。本来ならば続けて「手を止す強く攪へて煉化す」べきであるが、焔炉の火力が弱いため、多少大型の焔炉を入手した上で、この操作を行うことにし、一時作業を中断した。

平成元年五月三日、火熾し一杯分の馬目上小丸を熾し、予め加熱窯にいたれた未着火の馬目上小丸の中に置いた。しかし火が移らぬため、都市ガスで未着火分を数度に分けて熾し、加熱窯に投入。粉合わせ途中の粉体を入れた平鍋を掛けて攪拌（他の作業を行うため、指示に反して時折り放置）。温度の上昇に伴い、硝石の分解が始まり、赤褐色の煙（二酸化窒素）が発生し、加熱中の粉体（Pt・PtRh熱電温度計による測定では五二〇℃）の中には溶けた鉛の小球が点在するのが見られ、平鍋の底に近い所では、密陀僧（一酸化鉛）、鉛丹（四酸化三鉛）が生成しているらしく、黄色、橙色の部分が生じ、また粘性が増した。この粘性が増した部分は、火力の減衰と共に硬化し、遂に攪拌不能となった。加熱開始より約三時間後、赤褐色の煙が出始めてから約一時間後には、当初灰色であった粉体は暗赤色を帯びるに至った（写真67）。

なお冷却後の観察では、硬化し、鍋底に固着した部分は白色不透明の多孔質のガラスに変じていた（写真69—70）。

第二回（平成元年十二月二日）

一回目のとき用いた北京鍋内側の黒皮を、グラインダー、研磨布で除去。中に石粉を入れ、熾した槽炭五〇〇gを入れた焔炉（外径二五cm）で予熱（写真83、写真84—85は予熱中、鍋底に生じた黒皮）。この石粉を黒皮の固着した部分を残して、一四時二五分から五〇分にかけて、一回目と同じ鉄製御玉杓子（黒皮をグラインダー、研磨布で除去）で数回

に分けて加熱窯に掛けた平鍋中の溶けた鉛の上に移しては攪拌（写真86）。少し冷し、硝石末を加えて混合（写真87）。一五時五〇分、平鍋を再度加熱窯に掛け手を休めず攪拌。一六時一〇分、鍋底で硝石が激しく分解し始め、鉛は酸化されて黄・橙色の粉末と化し、平鍋の底は赤熱状態になり、慌てて平鍋を加熱窯の脇へ移したが反応は止まらず、混合物は急速に軟化（おそらく「煉化」、写真88）。忙し半融体（写真89）を熔融窯の坩堝へ移した。反応が収まった段階で平鍋は冷え、加熱窯上に戻しても、平鍋底は赤熱状態にはならず、固着した半融体も軟化困難で、結局四〇〇g程の暗黄色の半融体を回収できなかつた（写真90）。また加熱により平鍋の表面に生じた四酸化三鉄が多少混入した可能性がある（写真91）。

一回目は、ひととき攪拌せず放置したため、鍋底附近の混合物だけが、ガラス化し、その上の混合物中では比較的低温の状態の下で、徐々に硝石が分解して、鉛を酸化し混合物を粉体のまま暗赤色化したのであろう。

いずれにしても、鍋の底に近い部分は四酸化三鉄が附着しているので、無色のガラスを得るためには、収量は減ずるが、この部分は用いない方がよい。

註

- (1) 花井一好『和硝子製作編』稿本、文政十二年序、（平井保正編『覃思叢録』卷三十五）、セウ（本文）。前田育徳会尊経閣文庫蔵。

十一組 煮

粗煮は荒煮とも記す。『和硝子製作編』によると、⁽²⁾ 炉ろ（熔融窯）に坩堝を据え、炉と坩堝の口との間を泥で塗り塞ぎ、炉の中に「木炭」をいれ、炉の「前栓」、⁽¹⁾ 「灰落」の口をもすべて泥で塗り塞ぎ、炉の上で火を焚すと炭に火が移り、炉の内は赤熱状態になるといふ。この方法で着火を試みたかったが、作業所の天井高、熔融窯の吹出しの形状などの関係で断念せざるを得なかった。

第一回（平成元年五月三日）

熔融窯に馬目上を二・五kg、馬目半丸を七・五kg、計一〇kgを詰め、別に馬目上小丸六五〇gを都市ガスで熾して熔融窯のロストル上に置いて前栓（坩堝下の口）を耐火煉瓦で閉じ、窯に詰めた上記のウバメ備長炭に着火させようと試みた。しかし火は移らず、坩堝下の温度は一二〇℃に上ったのを限度に二〇分もたたぬ間に、七〇℃まで降下した。再度、上記の炭を都市ガスで熾し直して一時二〇分、ロストル上に置き、団扇で風を送り、五〇分後には扇風機を利用し、さらに四〇分後にはロストルの下から都市ガスで三〇分程加熱するなどしたが、ロストルまでの間隔が大きく結局約三二〇℃が限度で、火は移らなかった（備長炭は四五〇℃ぐらいに熱すると着火するという⁽³⁾）。やむを得ず軟炭をロストル上加えて漸く備長炭に着火させることができた。一四時一五分坩堝下の温度は六七〇℃に達し、平鍋から粉合わせを了えたものを鉄匙、すなわち鉄製御玉杓子（径一〇cm、黒皮加工）で五杯分坩堝に投入（写真68）。その後、鍋底の黒皮がかなり固着した半融体（写真70）も含めて、四回に分けて一六時三〇分までに入れた。この間、坩堝内でぶ

つぶつと音がし、坩堝と蓋の間から赤褐色の気体（二酸化窒素）が激しく吹き出した。一七時一五分には坩堝内の融体の表面は泡で覆われていた。その三〇分後、熔融窯の吹出しからは炎が六〇cm程も音をたてて吹き上がるようになった。また一五時五〇分、熔融窯の上方まで火が移った前後からは、随時ウバメ備長炭を吹出しから坩堝の周囲、上方へ（写真71）、前栓から坩堝下へ補給した（写真72）。炭が燃えてできる隙間をなくすためには、長さ九一cm、径九mmの鉄棒を用いた。一九時四〇分坩堝下の温度は一一一五℃に達した（写真73）。これを機に粗煮（写真74）を鉄匙で汲み出して一部は試料片（No. 1989, 36A-C）とし（写真75、上記資料番号の写真）、残りは粉合わせに用いた平鍋に汲んだ水に投じ（写真76）、箆（径二九・五cm）に移して水を切った（写真77）。この際にも、鉄匙に生じたかなり多くの四酸化三鉄が粗煮に固着して混入した。なお粗煮の掻いだしに用いた鉄匙の柄が短く、軍手または牛床皮製の作業手袋に、石綿手袋を重ねていたにも拘らず、強い輻射熱のため、痛みを伴う耐え難い熱さを経験した。

ちなみに『和硝子製作編』⁽⁴⁾では粗煮を冷水中に投ずることを「水に取る」と称しているが、この操作は「荒煮をかい出す」ともい⁽⁵⁾う。

第二回（平成元年十二月二日）

熔融窯に檜炭一〇・三kg、その上方に馬目小丸一一kgを詰め、別に檜炭四〇〇gを都市ガスで熾して一〇時に前栓より、坩堝下あたりの檜炭の上に挿入。着火して二時間後には坩堝下の温度は七二〇℃まで上昇。一六時一五分、平鍋の中で軟化した半融体を、熔融窯改修の際、未使用品に取り替えた八斤坩堝に投入（写真92、坩堝下の温度は七〇〇℃程度）。一時間半後、吹出しから炎が音をたてて吹き上がり（一回目と同じく約六〇cm）、坩堝下の温度は九〇〇℃になって硝石の分解が激しくなり、二酸化窒素を発生。約一時間後、ほぼ硝石の分解終了。二一時頃には炎は九〇cm程にも及

月日	時分	温度	備考	月日	時分	温度	備考	月日	時分	温度	備考	月日	時分	温度	月日	時分	温度
5/3	10/00		備長10.0〔馬目上(や)2.5, 馬目半丸(玉)7.5〕		13/40	640	吹出し三日月形に閉		11/00	310			16/00	675		18/00	120
	10/40	20	着火備長0.65〔馬目上小丸(玉)〕		14/25	590		5/7	9/00	90			17/00	665		19/00	110
	10/45	120			15/10	560							18/00	640		20/00	110
	11/00	70			15/50	525		12/2	10/00	10	槽炭10.3 備長11.0〔馬目小丸(新)〕着火槽炭0.4		19/00	620		21/00	105
	11/20	20	着火備長(熾し直して)		16/40	495			12/00	720			20/00	600		22/00	100
	12/00	180			17/30	470			13/00	742			21/00	575		23/00	100
	12/10		扇風機で送風		18/00	460			14/00	762			22/00	550	12/6	8/00	80
	12/40	320			18/30	440			15/00	705	吹出し・三日月形に閉		23/00	535		9/00	80
	12/50		灰落より都市ガス		19/00	440			16/00	700		12/4	7/30	420		20/00	60
	13/20		軟炭		19/30	430	吹出し・灰落閉		16/15		坩堝へ粉合わせ半融体		8/00	410		21/00	55
	14/15	670	送風停止 坩堝へ粉合わせ分5杯	5/5	9/00	160	吹出し・灰落開		16/20		備長6.5〔馬目小丸(新)〕吹出し開		9/00	400		22/00	50
	14/30	770			10/00		軟炭0.7		17/00	670			10/00	380		23/00	50
	15/30		備長2.0〔馬目上(や)〕		10/30		備長2.0〔馬目上(新)〕		17/45	900	備長3.5〔馬目小丸(新)〕		11/00	360	12/7	8/00	40
	15/40	670	坩堝へ粉合わせ分5杯		10/50		備長3.0〔馬目上小丸(玉)〕		18/00	1000			12/00	350		9/00	40
	16/05	860	坩堝へ粉合わせ分5杯		11/15	835	吹出し半分閉		18/05		備長3.5〔馬目小丸(新)〕		13/00	330		20/00	40
	16/20	845	備長2.0〔馬目上(や)〕		11/30	785			18/50		備長3.5〔馬目小丸(新)〕		14/00	320		21/00	30
	16/30	855	坩堝へ粉合わせ分残り		12/00	775			19/00	910	備長2.7〔馬目小丸(新)〕		15/00	305		22/00	30
	17/00	810			13/00	735			20/00	1050	備長3.5〔馬目小丸(や)〕		16/00	285		23/00	30
	17/15		坩堝下へ備長1.0〔馬目上(や)〕		13/40		備長4.0〔馬目上小丸(玉)〕吹出し開		21/00	1150			17/00	270	12/8	8/00	20
	17/30	1055	備長2.0〔馬目上(や)〕		14/00	605	坩堝へガラス末1.5kg		21/20		備長3.5〔馬目小丸(や)〕		18/00	260		9/00	20
	17/53	1095			14/50	670	坩堝へガラス末残り		22/00	1142			19/00	250		20/00	20
	18/00		坩堝下へ備長1.0〔馬目上(や)〕		15/30	610	備長3.3〔馬目上小丸(玉)1.3, 馬目上(新)2.0〕 坩堝下へも1.0〔馬目上小丸(玉)〕		23/00	1210	坩堝蓋開 試料採取		20/00	240		21/00	20
	18/25	1050	備長3.0〔馬目半丸(玉)〕		16/05	965			23/20		備長16.1〔馬目小丸(や)6.9, 馬目上小丸(玉)9.2〕		21/00	240		22/00	20
	18/35	1080			16/40	975		12/3	00/30		吹出し三日月形に閉・灰落隙間6.3cm		22/00	225		23/00	20
	19/10		坩堝下へ備長0.5〔馬目上(や)〕		17/30	830			7/30	800	吹出し・灰落開		23/00	215	12/9	8/00	15
	19/30	1100			18/15		備長2.0 坩堝下へも2.0〔共に馬目上(新)〕		7/45	910	備長5.5〔馬目上(新)〕	12/5	7/30	160		9/00	15
	19/40	1115	坩堝蓋開 試料採取		18/20	920			8/00	1120			8/00	160		20/00	15
	20/15		粗煮掻いだし 吹出し・灰落閉		18/25		備長2.0〔馬目上(新)〕 坩堝蓋開		9/00	1140			9/00	155		21/00	15
5/4	8/00	360	吹出し・灰落開		18/30	1050			10/00	1200			10/00	150		22/00	15
	10/30	420			19/00	1070			10/30		備長10.5〔馬目上(新)〕		11/00	145		23/00	10
	10/45	510	備長3.0〔馬目上(や)〕		19/15		試料採取 精煮掻いだし		11/00	1090			12/00	140			
	11/00	430			19/55	940	吹出し・灰落閉		12/00	1185	備長1.5〔馬目上(新)〕		13/00	140			
	11/30	625			20/05	900			13/00	1170	坩堝蓋開 試料採取		14/00	130			
	12/00		備長3.5〔馬目半丸(玉)〕		21/45	700			13/20		吹出し閉・灰落隙間1.1cm		15/00	125			
	12/10	560	備長2.0〔馬目上小丸(玉)〕		23/30	530			14/00	890			16/00	125			
	13/10	660		5/6	9/00	360			15/00	720			17/00	120			

表7 第1回(5月3日-7日), 第2回(12月2日-9日)の粗煮から放冷までの工程における熔融窯への燃料の補給状態(単位はkg), 坩堝下の温度(℃)変化など。(玉)は「丸に玉」, (や)は「や」, (新)は「丸に新」の略。

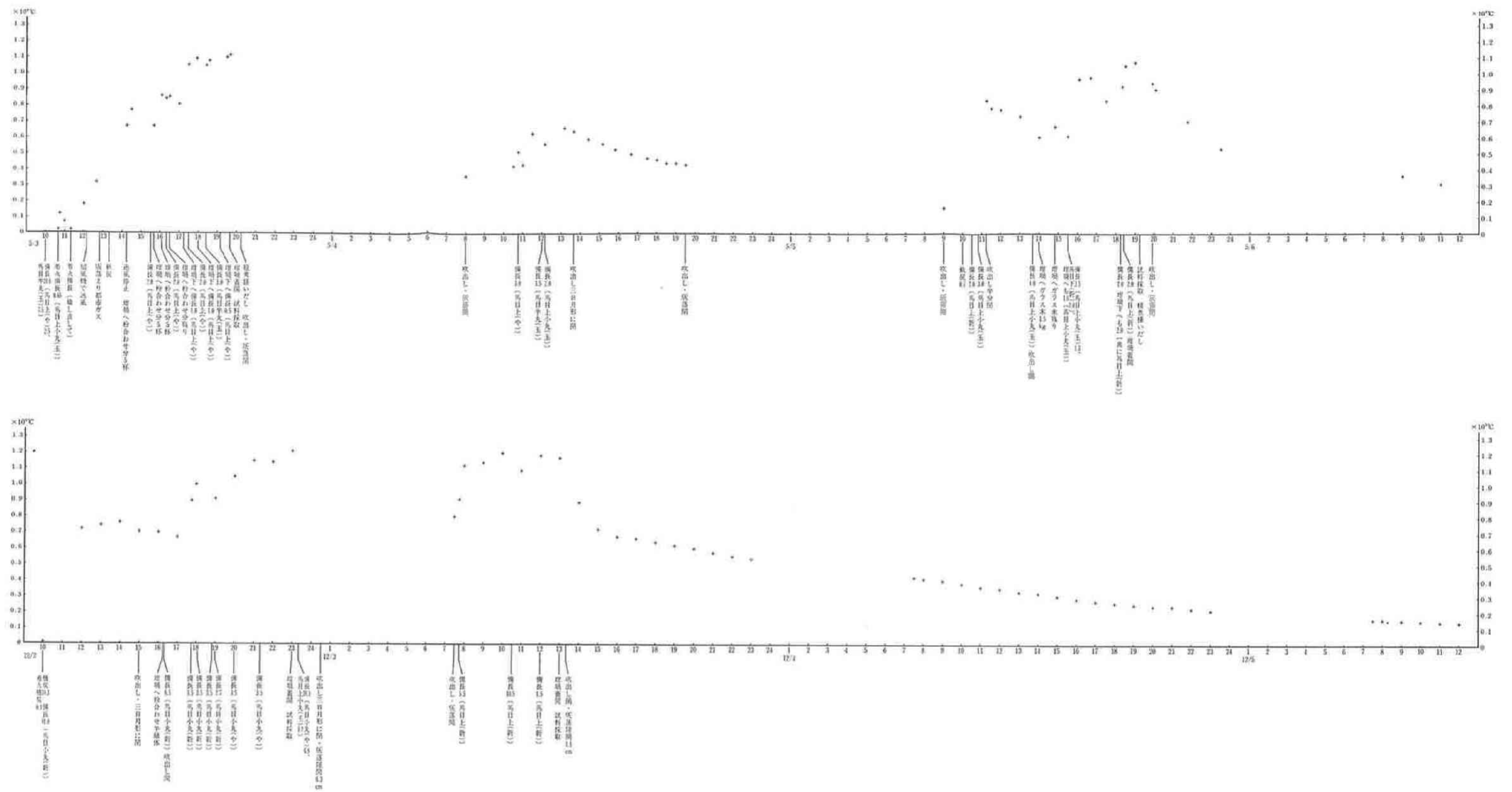


図30 第1回・第2回の粗煮から放冷までの工程における、熔融窯への燃料の補給状態(単位はkg)、増場下の温度変化など。上が1回目(5月3日-6日)、下が2回目(12月2日-5日)。(玉)は「丸に玉」、(や)は「や」、(新)は「丸到新」の略。

び(写真93)、二三時、坩堝下の温度は一二二〇℃に達し(写真94)、これを機に鉄匙で試料片(No. 1989. 103A-D)を採取した(上記資料番号の写真)。

ここで残りを掻いだして水に取り、搗き碎き精煮に供すべきであるが、ウバメ備長炭が残り少ないこと、また坩堝にガラスを入れた状態で坩堝を破損させぬ温度に翌朝まで熔融窯を保たせ得るか(ウバメ備長炭の補給なしに)を確かめるため、引き続き精煮を行うことにした。二三時二〇分、熔融窯に馬目小丸を六・九kg、馬目上小丸を九・二kg、計約一六kgを投入し、翌〇時三〇分、吹出しは最大幅二cmの三日月形に残して閉じ(写真95)、灰落も幅約六cmの間を留して閉じた(写真96)。七時間後、坩堝下の温度は八〇〇℃、炭はかなり残っており、満足すべき結果が得られた。

粗煮から放冷までの工程における、熔融窯への燃料の補給状態、坩堝下の温度変化などを一回目、二回目を併せて表7、図30に示す。これらの表、図に記入したように二回目精煮の際にも坩堝下の温度は一二二〇℃に達し、かつて推測した「凡そ一、二〇〇度位⁽⁶⁾」という値が当を得たものであることが確かめられた。

註

- (1) 石井研堂『少年工芸文庫』第六編『硝子の巻』(博文館、明治三十七年再版)、一〇〇頁。びいどろ史料庫蔵。
- (2) 花井一好『和硝子製作編』稿本、文政十二年序、(平井保正編『覃思叢録』卷三十五)、七ウー八オ(本文)。前田育徳会尊経閣文庫蔵。
- (3) 岸本定吉『炭』(丸ノ内出版、昭和五十一年)、三四頁。

- (4) 花井一好、前掲書、八ウ（本文）。
- (5) 石井研堂、前掲書、一〇〇頁。
- (6) 棚橋淳二「近世日本におけるガラス製造法の発展とその限界」(一)（『研究紀要』第八号、松蔭女子学院大学・短期大学學術研究会、昭和四十一年十二月）、二二七頁。

十二 粗煮の粉碎と篩過

『和硝子製作編』には、粗煮を水に取り、乾燥した後、これを白に入れて粗く搗くとある。しかし例えば『明治十年内国勸業博覧会出品解説』の内、小西九平、内島左吉の出品解説では、粗煮をそれぞれ「搗キ篩ヒ」、⁽²⁾「石臼ニテ搗碎キ細末トナシ絹籬ニ淘シ」⁽³⁾と記されているように篩過を行っている。したがって両者の場合は、かなり細かく粉碎したに相違ない。

以上は、いずれも搗き臼を用いているが、五月の段階ではまだ搗き臼、竪杵の準備ができていなかったこと、また『和硝子製作編』に既述のように別の用途のためかも知れぬが、粉挽き臼の図も掲載されていることから、とりあえず粉挽き臼で細末化を試みた。まず乾燥を了えた約三kg弱の粗煮を、大きいものは粉挽き臼の上において鉄鎚で二―五mm大に碎きながら粉に挽いた（写真78）。作業時間は、この粉挽き臼が小型（径約二八cm）で、しかも挽き木がなかったこともあって、平成元年五月四日の午後と翌五日の午前で延べ八時間を要した（推定で約一五〇メッシュ、一〇四 μ m相当以下）。

篩が準備できず篩過の工程は省略。

この間、熔融窯の温度はかなり高温に保っておく必要があり、搗くにせよ、挽くにせよ、目開き一〇四 μ mの篩を通せるまでに細末化するとすると、燃料の浪費は避けられぬであろう。

註

- (1) 花井一好『和硝子製作編』稿本、文政十二年序、(平井保正編『覃思叢録』卷三十五)、八ウ(本文)。前田育徳会尊経閣文庫蔵。
- (2) 内国勸業博覧会事務局『明治十年内国勸業博覧会出品解説』明治十一年序、第二区第九一〇類、九四頁。国立国会図書館蔵(特17-587)(教育博物館本)。
- (3) 内国勸業博覧会事務局、前掲書、第二区第二一四類、一三五頁。

十三 精 煮

精煮^{ほえに}は本煮とも記す⁽¹⁾。精煮に要する時間は、当該ガラスの清澄温度と熔融窯の温度により変動するが、『万金産業袋』

〔享保十七年(一七三二)版〕では「すみ火にてそろくと。三日三夜斗たく」、『庶物類纂』(元文三年(一七三八)成)

では「凡ソ三二日夜ニ至リ石汁ハ純紅ニシテ稀錫^{ウキアヌ}ノ状ノ如クニシテ薬成ル」(原文は漢文)といずれも長く、『明治十年内

『国勧業博覧会出品解説』⁽⁴⁾では表8に示すように比較的短く、かつ多様である(粗煮に引き続き行われる精煮を含む)。

表8 『明治十年内国勧業博覧会出品解説』所載の精煮の時間一覧

精煮の時間	開業年曆	工名地名	出品人名	所載個所
十四時間	宝曆十一年 (一七六一)	大坂府天神筋町	伊藤庄三郎	二区二一四類、 一三五頁、一三八頁
一日許	天保十年 ⁽⁵⁾ (一八三九)	東京府本街四丁目	皆川久兵衛	二区二一四類、 一三〇—一三二頁
凡ソ六時間	天保十二年 (一八四一)	東京府深川北松代町三丁目	芝崎久藏	二区二一四類、 一二八頁、一三七頁
十二時間	弘化元年 (一八四四)	東京府横山町一丁目	細井新藏	二区二一四類、 一三一頁、一三七頁
一昼夜	明治元年 (一八六八)	東京府本所外手町	宮垣秀次郎	二区二一四類、 一二八頁、一三七頁
凡ソ十八時間	明治六年 (一八七三)	東京府小伝馬上町	金井金太郎	二区二一四類、 一三〇頁、一三七頁

第一回(平成元年五月五日)

熔融窯に詰め込めるウバメ備長炭の量が多すぎないので、夜半七、八時間程度放置する間に、ウバメ備長炭が燃え尽きてしまわぬよう、吹出し、灰落を閉じておいた(空目地の部分もあるので密閉状態にはならない)。しかし、その

結果、四日朝には坩堝下の温度が三六〇℃に下がり、四日の日中は吹出し、灰落を適宜開け、ウバメ備長炭を八・五kg追加したが、五日朝には温度が一六〇℃まで下った。坩堝内に熔融状態のガラスを入れたままの場合、もし温度がこのように下がれば、ガラスは固まり膨脹率の違いから坩堝は碎損するであろう。

五日午前中は前記のように粗煮の粉碎に費やしたので、精煮は夜半にかからぬよう五時間程度にとどめた。細末化した粗煮を一四時以降二回に分けて熔融窯の坩堝に投入(写真79)。粗煮の時に較べて熔融窯の温度が十分に上がらず、坩堝下で一〇七〇℃を限度に下がり始めた。これを機に試料片(No.1989.38A-B)を採取(写真104、上記資料番号の写真)、残りは粗煮の場合と同じく水に取った。ただし強い輻射熱を避けるため、鉄匙の木柄を取り去り、代りに鉄棒(長さ一四cm、径八mm)を取り付けて使用した(二回目よりの写真97)。

第二回(平成元年十二月二―三日)

「粗煮」の条に記したように、粗煮から引き続いて精煮を行うことにした。これにより清澄時間を長くとることができ、どの程度まで泡切れが可能かを確かめ得ることも期待された。熔融窯の坩堝下の温度は二日二三時から三日七時三〇分にかけて、一二一〇℃から八〇〇℃まで降下したが、吹出し、灰落を全開して三〇分後には一二一〇℃、それより二時間後には一二〇〇℃に達した。一三時より試料片(No.1989.104A-D)を採取(上記資料番号の写真)。予想外に少ない残りは掻いだして水に取り(写真97―98)、吹出しは閉じ、灰落は一・一cmの隙間を残して閉じた。坩堝下での温度降下は十二月三日は一時間当り平均三九・五℃程度、翌朝にかけて平均二三・五℃程度、四日の日中は平均一三・二℃程度、翌朝にかけて平均六・五℃程度、五日の日中は平均四℃程度、翌朝にかけて二℃程度、六日の日中は二℃。

熔融窯の冷却後、前栓より坩堝を見たところ、坩堝の腹(下側に位置した胴)に亀裂が生じ、ガラスが氷柱状に垂れ

ていた(写真99)。灰落の中には約一・六二kgのガラスが固結し(写真100)、ロストルに固着したガラスの大部分は恐らく還元作用のため帯赤黒色の皮膜状の物質に変化していた(写真101)。坩堝損傷の時期、原因について確定的なことは言い難いが、二日の一〇時から一二時までの二時間に一〇℃から七二〇℃まで温度が上昇しており、しかもその後の二時間の温度上昇が一時間当り二〇℃であることを考えると、最初の一時間の温度上昇は七一〇℃の半分の三五五℃をはるかに超えるものと推測され、おそらくは、この時すでに坩堝に亀裂が生じた可能性がある。なお三日朝、吹出し附近に残っていたウバメ備長炭の周囲の灰が黄色であったのも、流出したガラスから還元作用で遊離した鉛が再び酸化して付着したのであろう。三日朝の坩堝下の温度は八〇〇℃で、これは以前算出した軟種の作業温度八〇〇・八℃と大差なく、この温度で坩堝が損傷することは考え難い。また三日朝、最初の一五分間で一一〇℃(一時間につき四四〇℃の割合)、続く一五分間で二一〇℃(一時間につき八四〇℃の割合)と温度上昇が急に過ぎたのも、坩堝に悪い影響を与えたと推測される。使用した坩堝の耐熱衝撃性が不明なので、原因の究明については留保したい。

註

- (1) 石井研堂『少年工芸文庫』第六編『硝子の巻』(博文館、明治三十七年再版)、一〇〇頁。びいどろ史料庫蔵。
- (2) 三宅也来『万金産業袋』(版本、享保十七年刊、卷之三、十六オ。びいどろ史料庫蔵。
- (3) 稻生若水・丹羽正伯『庶物類纂』(稿本、元文三年成、玉属、卷二十三、硝子、三オ。内閣文庫(国立公文書館)蔵。雄松堂フィルム版による。

- (4) 内国勸業博覧会事務局『明治十年内国勸業博覧会出品解説』明治十二年序、第二区第二十四類、掲載箇所は表8下欄に記載。国立国会図書館蔵〔特 17-587〕（教育博物館本）。
- (5) 大日本窯業協会『日本近世窯業史』第四編「硝子工業」（大日本窯業協会、大正六年、昭和四十一年復刻）、七頁。
- (6) 棚橋淳二「江戸時代におけるガラス技術の変遷と伝播」（『研究紀要』第二十五号、松蔭女子学院大学・短期大学学術研究会、昭和五十八年十二月）、七四／七五頁、第一表。

十四 徐冷

(一) 灰箱の利用

ガラス製法に関する江戸時代の記録で、徐冷について記されたものは、未だ報告されていないが、内国勸業博覧会資料には、江戸時代の技法を引きついだと思われる当時の徐冷の方法に関する記事が二、三みられる。例えば東京府横山町、細井新蔵の場合は「藁灰ニ埋メ冷シ」、愛知県三河国幡豆郡西尾中町、鳥山利八の場合は「直ニ稻藁灰ニ埋メ凡ソ二十時間ヲ経テ出ス」、長崎県下肥前国佐賀郡中町四拾一番戸、金武良哲の場合は「製造用品」として「藁灰」、「製造器械」として「灰箱」などとある。また「がらすやむかし語」によると、「灰冷しとは深さ一尺位、方三尺に六尺位の平箱、又は同様に囲った煉瓦や石の枠内に藁灰を満たし、其熱気の強い灰の中へ吹上げた製品を埋めつつ、自然の冷却を待つ装置で極めて簡単な原始的設備、扇風炉時代までの工場には専ら是れによるものが多」かつたという。

『実験室のガラス細工』によると、藁灰の中に高温のガラス器を入れると、「ワラの炭が再び点火されて徐々に燃えて

ゆき、白色の灰となり温度が降下するまで五―六時間適度の除歪工程を行ってくれる」という。ただし「一個の製品の除歪冷却を行うときでも、その直前にワラを燃さなければならぬ」との注意書きを失念して、漸く入手し得た一抱えの稲藁を、平成元年四月二十九日に、すべて燃やしてしまった(写真102)。できた稲藁灰は火鉢(口の外径約四四cm、高さ三―四cm)に入れて灰箱の代りとした(写真103)。

五月三日二〇時前後、粗煮の試料片(No. 1989, 36A-C)を火鉢内の「冷えた」藁灰に埋めて放冷した。翌四日八時、藁灰から取り出したときは、三〇―四〇℃程度になっており、特に異常がなかったが(写真103)、小一時間後、試料片の1-C(No. 1989, 36A)が二つに弾け割れた。また振動方向の直交する二板の偏光板を用いて調べたところ、いずれの試料片にも干渉色が現れ、歪が残っていることが明らかとなった(上記資料番号の写真)。やはり直前に稲藁を燃して藁灰を作るのでなければ、予め埋み火を用意し、その近く、⁽⁶⁾または取り除いた後へ⁽⁷⁾試料片を入れて放冷すべきであった。

(二) 加熱窯の利用

第一回(平成元年五月五日)

熔融窯の吹出しで熾した馬目上二kgを入れた加熱窯に丸十金網株式会社製鉄線ユニクロメッキのバーベキュー網(六〇cm弱×四〇cm弱、目開き1cm)を置き、一九時一五分、その上に精煮の試料片(No. 1989, 38A-B)を載せ(写真104)、二〇時五分、馬目上一kgを熾して追加の上、一夜放置した。資料(No. 1989, 38B)に歪が多少残った(上記資料番号の写真)。

第二回(平成元年十二月二日、三日)

粗煮の試料片の徐冷 檜炭三〇〇g、馬目小丸三kgを熔融窯の吹出しで熾して加熱窯に入れ、一回目同様金網を置き、

資料番号	資料名	亀裂・破壊状態
No.1989.36A	ガラス円板（粗煮）	翌朝、灰から出して約1時間後に2つに割れた。
36B	〃（〃）	
36C	〃（〃）	
38A	ガラス棒（精煮）	
38B	ガラス塊（〃）	8カ月後までの間に、長い方向に直角に2つに割れた。
103A	ガラス円板（粗煮）	約1カ月後の平成2年1月7日に、温度差約12℃の熱衝撃で円周に沿って、半周に亀裂が生じた。
103B	〃（〃）	試料片採取直後、加熱窯に載せるまでに、一部に亀裂、加熱窯上でも亀裂が生じた（4方向）。冷却後、衝撃で大小2つに割れた。
103C	〃（〃）	加熱窯上で5方向に亀裂が生じた。冷却後、衝撃で2つに割れた。
103D	ガラス塊（〃）	試料片採取直後、周辺に沿って大小2つに割れた。2方向に亀裂も生じた。
104A	ガラス塊（精煮）	
104B	〃（〃）	
104C	〃（〃）	
104D	〃（〃）	

表9 歪による試料片の損傷。平成2年1月7日現在における試料片の亀裂、破壊状態。無傷の試料片も歪が残っているので今後損傷する可能性がある。

その上で粗煮の試料片 (No. 1989. 103A-D) を徐冷 (写真105)。ただしまだ十分にウバメ備長炭が熾っていないかったため、多少厚めの試料片二つに、すでにこの段階で複数方向に亀裂が生じた (上記資料番号の写真)。

精煮試料片の徐冷 檜炭 1kg、馬目小丸 2kg を熔融窯の吹出しで十分に熾して加熱窯に入れ、前回と同様の方法で、精煮試料片 (No. 1989. 104A-D) の徐冷を行った (写真106)。試料片はいずれも小さく、薄く、歪の残存も少ない (上記資料番号の写真)。

なお、一回目、二回目に採取した各試料片について、その形状、比重などは別表に、また歪による損傷は表9に示す。

註

- (1) 内国勸業博覧会事務局『明治十年内国勸業博覧会出品解説』明治十一年序、第二区第二―四類、一三一頁。国立国会図書館蔵(特17-587) (教育博物館本)。
- (2) 内国勸業博覧会事務局、前掲書、第二区第二―四類、一三五頁。
- (3) 『第二回内国博覧会出品願井出品解説書』(勸業課)、写本、明治十四年、四十五才、四十六才。佐賀県立図書館蔵(県21-27)
- (4) 佐々木源蔵『がらすやむかし語』(佐々木硝子株式会社、昭和三十年)、一九一頁。
- (5) 飯田武夫『実験室のガラス細工―その実技と独習―』(共立出版、昭和三十三年)、七八―七九頁。
- (6) 杉江重誠『ガラス細工』(共立社書店、昭和十年再版)、三〇頁。「特に徐冷を要する場合には、灰の下方に赤熱したタドンを一、二個埋めて置くこともあるが、この際にはガラスをタドンに余り近く埋めない様にしなねばならぬ。」
- (7) 高木貞恵『化学者のための硝子細工法』(三共出版、昭和四十一年、改稿新版)、一九頁。「大型の角火鉢のようなものを用い

る。中に灰が入れてあつて豆炭かたどんが埋めてあるので、その付近の灰が熱くなっているから、まずたどんを他の場所に移して、そのあとの熱灰中に細工品を入れて放冷させる。」

写真

写真28—29は横山英俊氏撮影。

写真75—76は長男修一撮影。

資料番号	資料名	径・長さ	厚さ	空气中重量 W ₁	水中重量 W ₂	$\frac{W_1}{W_1 - W_2}$	比重	備考
No.1989.36A	ガラス円板 (粗煮)	径 7.8 ^{cm}	ca.1.7 ^{cm}	248.0 ^g 248.0	187.2 ^g 187.3	4.078 4.085	4.0 _a	微小気泡多数, 脈理 帯黄緑色
36B	" (")	" 10.7	ca.1.0	326.8 326.8	247.1 247.2	4.100 4.105	4.1 _b	" "
36C	" (")	" 10.3	ca.1.0	267.9 267.9	202.7 202.6	4.108 4.102	4.1 ₁	" "
38A	ガラス棒 (精煮)	長 30.1	ca.1.5~0.3	105.7 105.7	79.6 79.6	4.049 4.049	4.0 ₅ *	微小気泡極めて多数, 脈理 帯黄緑色 (濃)
38B	ガラス塊 (")	" 8.2	ca.1.5	98.8 98.8	74.4 74.4	4.049 4.049	4.0 ₅ *	" "
103A	ガラス円板 (粗煮)	径 6.6	ca.1.2	145.3 145.4	111.6 111.6	4.311 4.301	4.3 ₁	微小気泡多数, 脈理 帯黄緑色
103B	" (")	" 6.5	ca.1.7	196.7 196.8	151.4 151.4	4.342 4.334	4.3 ₄	" "
103C	" (")	" 6.6	ca.1.5	203.3 203.2	155.5 155.5	4.253 4.259	4.2 ₆	" "
103C①	" (右半分)	—	—	108.5 108.5	83.2 83.3	4.288 4.305	4.3 ₀	
103C②	" (左半分)	—	—	94.8 94.8	72.5 72.5	4.251 4.251	4.2 ₅	
103D	ガラス塊 (粗煮)	" 6.5	ca.1.3	82.8 82.8	63.2 63.2	4.224 4.224	4.2 ₂	" "
104A	ガラス塊 (精煮)	長さ 4.3	ca.0.6	13.1 13.1	9.9 9.9	4.093 4.093	4.1 ₁	微小気泡多少, 脈理 帯黄緑色 (濃)
104B	" (")	" 3.7	ca.1.0	20.6 20.6	15.6 15.5	4.120 4.039	4.1 ₁	" ", 褐色の筋
104C	" (")	" 3.6	ca.1.0	15.9 15.9	12.0 12.0	4.076 4.076	4.1 ₁	" "
104D	" (")	" 3.1	ca.1.0	11.5 11.5	8.8 8.7	4.259 4.107	4.1 ₂	" "
104A-D	" (")	—	—	61.1 61.2	46.2 46.2	4.100 4.080	4.0 ₉	

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

5 作業所の内部

1 作業所の基礎

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

6 作業所の自然換気

2 同 上

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

7 熔融窯の第1段

3 同 上

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

8 熔融窯の第4 - 5段

4 作業所の外観

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

12 熔融窯の第10段

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

9 熔融窯の第7段

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

13 同上 ロストルの組み入れ

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

10 同上(右後)ロストル受け

14 熔融窯の第11段(右)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

15 熔融窯の第12段(右)

11 同上

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

20 熔融窯の第17段(後より)

16 熔融窯の第14段(後)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

21 同上部分(内部は増埧)

17 同上(左後)キャストブルの充填

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

22 熔融窯の内部(右前と前板)

18 熔融窯の第15段

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

23 同上(左前と前板)

19 熔融窯の第16段(内部右後)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

24 熔融窯の内部(右後と坩堝)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

28 熔融窯

25 同上(左後と坩堝)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

26 同上(坩堝枕と坩堝)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

29 同上(開口部を閉鎖)

27 熔融窯の坩堝口

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

34 熔融窯の改修(坩堝口)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

35 同上(前面の耐火・保温煉瓦積み)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

36 同上(保温措置)

30 熱電対による坩堝下の温度測定

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

31 同 上

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

32 熔融窯の改修(下方のロストル)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

33 同上(坩堝口)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

41 加熱窯の第2段

37 加熱窯(保温煉瓦の加工)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

42 加熱窯の第4段(ロストル受け)

38 同 上

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

43 加熱窯の第6段

39 同 上

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

44 同上(ロストルの組み入れ)

40 加熱窯の第1段

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

49 チャートの煨焼

45 加熱窯

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

50 煨焼・急冷・乾燥したチャート

46 柏尾谷左岸山腹のチャート

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

47 唐谷のチャート(部分)ほぼ実寸

51 チャートの搗碎

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

48 柏尾谷のチャート

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

56 石粉の水簸

52 チャートの搗碎

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

57 水簸による沈降物(粗)

53 搗碎したチャート(粗粒石粉)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

58 水簸上澄みからの沈降物(細)

54 粉挽き臼による細粒化

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

59 目開き147 μ m(手前)と105 μ mの絹篩

55 細粒化したチャート(粗細混合石粉)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

64 鉛と石粉の混合物(第1回)

60 熔融鉛への重鉛の投入, 石粉の予熱(第1回)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

65 同上混合物中の粗粒の鉛(目開き 1 mm)

61 鉛の滓の除去, 石粉の予熱(第1回)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

66 硝石末の投入(第1回)

62 熔融鉛への石粉の投入(第1回)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

67 粉合わせ(第1回)

63 鉛の滓(第1回)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

72 熔融窯の炭詰め(前栓より)

68 坩堝への混合物の投入, 粗煮開始(第1回)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

73 坩堝下の最高温度(第1回)

69 鍋底に固着した半融体(第1回)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

74 坩堝内での粗煮(第1回)

70 同上(黒皮の剥離)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

75 粗煮試料片の採取(第1回)

71 熔融窯の炭詰め(吹出しより)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

80 熔融窯吹出しでの炭熾し(第2回)

76 水中への粗煮の投入(第1回)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

81 熔融鉛への亜鉛の投入(第2回)

77 粗煮済ガラスの乾燥(第1回)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

82 鉛の滓の除去(第2回)

78 粗煮済ガラスの細粒化(第1回)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

83 石粉の予熱(第2回)

79 坩堝内での精煮開始(第1回)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

88 粉合わせ(第2回)

84 石粉の予熱(鍋底の状態)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

89 粉合わせによる半融体(第2回)

85 同上(黒皮の剝離)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

90 鍋底に固着した半融体(第2回)

86 熔融鉛への石粉の投入(第2回)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

91 同上(黒皮の剝離)

87 硝石末の投入(第2回)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

95 夜中の熔融窯吹出し(第2回)

92 坩堝での粗煮(第2回)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

96 夜中の熔融窯灰落(第2回)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

93 熔融窯吹出しからの炎(第2回)
高さ約90cm

97 水中への精煮の投入(第2回)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

98 同上(黒皮の剝離)

94 坩堝下の最高温度(第2回)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

103 稲藁灰中での粗煮試料片の徐冷(第1回) 99 坩堝の破損(第2回)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

104 加熱窯上での精煮試料片の徐冷(第1回) 100 流出した精煮の塊(第2回)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

105 加熱窯上での粗煮試料片の徐冷(第2回) 101 流出した精煮のロストル上での分解

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

106 加熱窯上での精煮試料片の徐冷(第2回) 102 稲藁灰の製造(第1回)

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

No.1989.38 B 直交偏光板

No.1989.36 A 直交偏光板

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

No.1989.36 B 直交偏光板

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

No.1989.103 A

No.1989.36 C 直交偏光板

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

同上 直交偏光板

No.1989.38 A 直交偏光板

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

No.1989.103D

No.1989.103B

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

同上 直交偏光板

同上 直交偏光板

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

No.1989.104A-D (下右・下左・上右・上左) No.1989.103C

Rights were not granted to include this image in electronic media. Please refer to the printed journal.

同上 直交偏光板

同上 直交偏光板