

日本ガラス技術研究会 会誌

NO, **19**

# 目 次

## 〔 巻 頭 言 〕

地 鎮 祭 .....	加 賀 義 雄 .....	1
-------------	---------------	---

## 〔 例会の講演から 〕

○ ガスバーナー用エアームキサーの改良 .....	今野重久・一ノ瀬昭雄 .....	2
○ ウォッチ用カバーガラスの自動成形装置 .....	榊原俊作・清水 博 .....	6

## 〔 技術研究 〕

○ 部分的透明部を有する魔法びんの製作法 .....	高 橋 芳 男 .....	21
○ 交流磁化率測定用ヘリウムデュワーびん試作 ..... 熊野勝文・池上雄作・松村善二郎・熊野ひろみ .....		24
○ 小ルツボ熔融によるコパール封着ガラスと軟質ガラス段つき 管用中間ガラスの製造 .....	榊原俊作・清水 博 .....	28
○ トルク調整機構をもつ遠隔操作回転ツマミ ..... 木村喜久雄・小原和弘 .....		38

## 〔 お知らせ 〕

○ 特許・実用新案 .....		42
○ 図 書 紹 介 .....		48
○ 海 外 だ よ り .....		49
○ 支 部 ・ 地 区 だ よ り .....		53
○ 会務決算報告 .....		58

# 小ルツボ溶融によるコパール封着用ガラスと 軟質ガラスの段つき用中間ガラスの製造

榊原俊作・清水 博※

## 要 旨

コパール封着用ガラスと軟質ガラスの段つき用各種中間ガラスを製造した。方法はガス加熱による小ルツボ溶融であり、このために溶融炉の試作も合わせて行った。得られたガラスを使用し段つき管を製作した。

### 1. まえがき

異質のガラスを溶接する場合、その熱膨張率の差が $\alpha = 10 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上であると冷却時に発生する応力のため安全に溶接できないとされている。一般に製造されているガラスを熱膨張率の面から分類すれば表1のようになる。このため分類区分の異なるガラスを溶接する場合には応力を分散させるため中間ガラスを必要とする。

分類区分3と4の間は熱膨張率の差が大きく、またガラス用途からみれば、一般理化学用硬質ガラスと管球用、軟質ガラス等多種類のガラスがあるため、段つき管を介して一本化を要求されることが多い。この中間ガラス及び段つき管の作製方法として、(1) ガラス棒練り合せ法<sup>(1)</sup>、(2) 白金線保持による練り合せ法<sup>(2)</sup>、(3) 粉末材料付着による作製法<sup>(3)</sup>、などいくつか示されている。

これらの方法については、いずれも熟練を必要とする、1回の作業で得られる中間ガラスの量が少ない、ガラス組成が一定しない、という欠点があった。筆者らはこれらの点を改善するため、小容量ルツボ溶融による中間ガラスの製造と段つき管の製作を試み、満足すべき結果を得たので報告する。

---

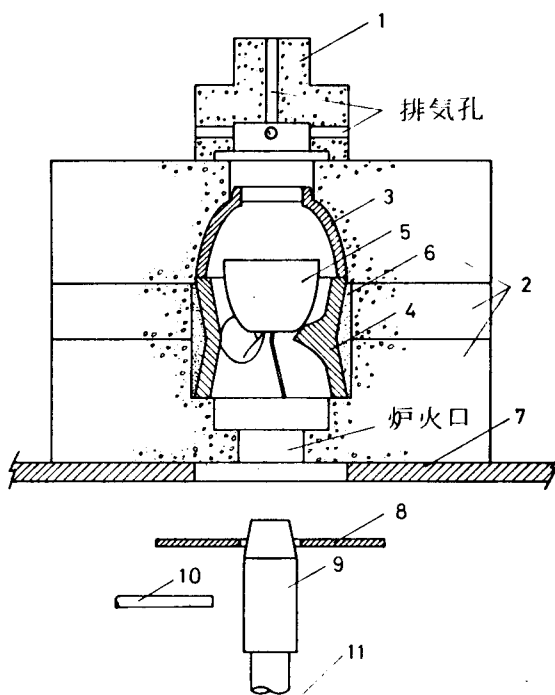
※ 名古屋工業技術試験所

表1 熱膨張率によるガラスの分類

分類	熱膨張率 $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$	用途
1	5.6~8	高耐熱用
2	32~35	一般耐熱用, 理化学機器用
3	40~50	金属封着用, 管球用, 理化学機器用
4	90~110	一般容器用, 板ガラス(建築, 車両)用 管球用, 放射線遮蔽用(PbO含)

## 2. 実験装置

試作した熔融炉の構成を図1に示す。図中1, 2はイソライト工業㈱の珪藻土質



1. 炉ふた 2. 保温レンガ 3. マツフルふた 4. 三角架 5. ルツボ  
6. 充てん粉末 7. 炉台 8. 熱しゃへい板 9. バーナー  
10. 空冷ノズル 11. ラボジャッキ

図1 熔融炉の構成

断熱レンガ「PB-16」, 3, 4は日本化学陶業㈱の陶器質「三角架」, 5は同じく日本化学陶業㈱の「SSA-H」「B-1」, 6は1, 2と同じ素材による粉末, 7は鉄アングル(40 mm×40 mm), 8は6 mm厚のアスベスト板, 9は木下理化学㈱の「KB-200」, 10は外径6 mmの銅管である。11には実験用ラボジャッキ(天板寸法150 mm×150 mm)を使用する。

炉の製作に使用した工具類は, レンガ切断に手引金鋸, 穴加工に13 mm卓上ボール盤に取り付けたシボラツール(切削径可変の穴加工工具)である。所要の穴加工が完了したのち三角架を入れすきまには切削時に生じた粉末を充てんして断熱と固定を確実にした。次に保温材として適当にレンガを重ねて炉を完成させた。ルツボ容量が有効に利用できるように原料の追加投入の容易な形とした。

なお燃料ガスは, 都市ガス「6C」, 発熱量4,500 Kal/m<sup>3</sup>, 比重0.55である。温度測定は千野製作所製のパイロメーター「Model 760」を使用した。

### 3. 中間ガラスの製造

3-1 ガラスの微粉(以後バッチと称する)化から中間ガラスを得るまでの主な工程

#### (1) ガラスのバッチ化

素材ガラス管(棒)(表2)を電気炉に入れて約400℃に加熱後水中に投入して5~15 mm程度のガラス片とした。これを振動ミル(ステンレス鋼容器)に入れて粉碎し, 120 meshふるい通しを行なった。

表2 ガラス組成及び熱膨張率

	SiO <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	熱膨張率 ×10 <sup>-7</sup> /℃
コパール封 着用ガラス	65	25	1.8	—	—	8	50.7
軟質ガラス	73	—	1.5	8	1.5	16	108.7

## (2) 秤量及び混合

重量比によって中間ガラス組成を決める。吸湿誤差を防ぐため電気炉によってバッチを約200℃に加熱乾燥させた。これを別に定めた割合に従って秤量混合した。混合は密閉容器を用い振とう法によった。

## (3) バッチの投入及び熔融

バッチより清澄ガラスに至る過程で一時的な発泡増量がある。このため数回のバッチ投入を繰り返してルツボ満量とし清澄ガラスを得た。

## (4) 熔融ガラスの取り出し

泡切れが終り清澄化したガラスをガラス棒を使用してルツボから引き上げた。取り出したガラスはバーナーにより3～5mm $\phi$ の棒状に成形し、粉れのないように分類して作業は完了する。

### 3-2 中間ガラス製造に伴う留意点及び所見

#### (1) 断熱レンガの加工

断熱レンガの切削加工に際しては、これを適当に湿らせて行うことで粉末の飛散が防止できる。

#### (2) 不完全燃焼ガスの注意

予熱時の炉内温度の低い間は不完全燃焼ガスが生じやすいので室内の換気に注意することが必要である。

#### (3) 火炎の調整

都市ガス及び空気、酸素の混合は炎色をみて調整する。排気孔から出る炎に遊離炭素による輝炎が認められる場合はガス量を減らして無色炎になるようにする。燃焼効率の面からみれば炉内圧と関連して、バーナーからの炎が全て炉内に入り、排気孔から無色炎のわづかな吹き出しが認められる状態が好ましい。炉内温度は、1,600℃程度を得ることができるが、炉材の損傷や、バッチの発泡、伝熱反応の速度から、1,400℃程度が好ましいため微調整が必要である。バーナーはロウ付け部の解け出しを防ぐため空冷を必要とした。

#### (4) 炉材の損傷とその防止

バッチの飛散及びガラスの付着は炉材を激しく損傷する。たとえば断熱レンガ材

はガラス状となって流下し、三角架は著るしく収縮する。このほか各構成部材もガラスの溶着によって反復使用が不可能となる。バッチ、ガラスの飛散を避ければ三角架の若干の焼きしまりはあるが5～6回の反復使用が可能である。

(5) 加熱中断時の保温

バッチ投入および溶融ガラスの取り出し時には、加熱を中断し、炉の火口に断熱レンガを押しあててふさぐ。これにより気流による温度降下が防止でき、また作業を安全に行うことができる。この場合の温度低下速度は作業上困難を感じる程には至らなかった。

4. 実験結果

4.1 溶融実験により得られた各種中間ガラスの熱膨張率測定結果を表3に示す。溶融温度、時間及び操作の関係を図2に示す。

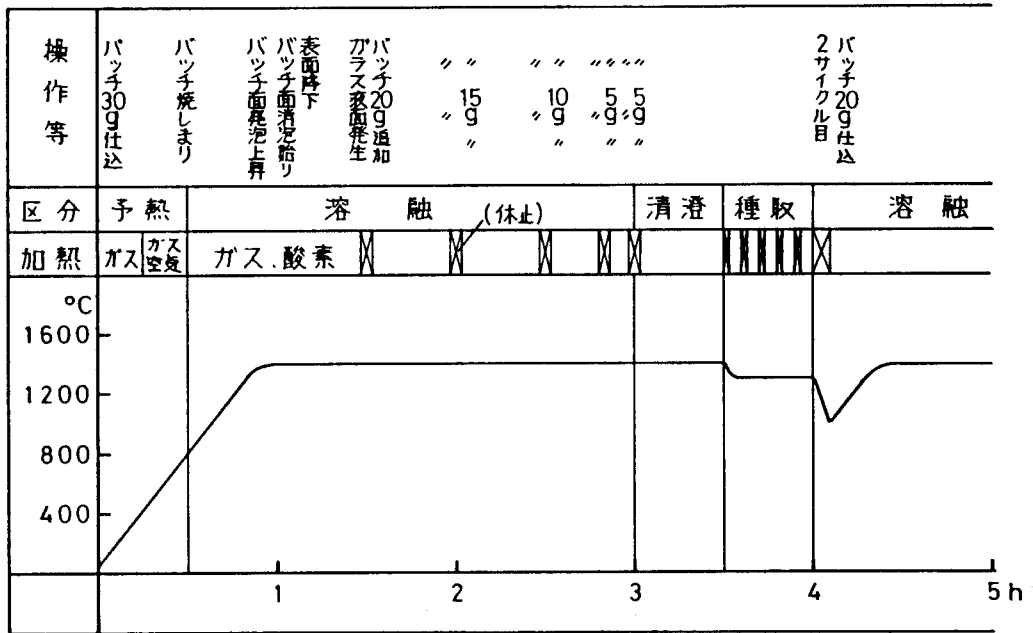


図2 溶融温度、時間、及び操作

表3 バッチ混合比及び熱膨張率

中間ガラス No.	ガラス混合比		熱膨張係数 $\alpha \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$	
	コバー ルガラス	軟質 ガラ	加成性か らの予測	溶融ガラ ス実測値
	6	0	50.7	50.7
1	5	1	60.4	55
2	4	2	70	63.9
3	3	3	80	75
4	2	4	90.1	84.1
5	1	5	99	92.4
	0	6	108.7	108.7

表3から作成したグラフ 中間ガラスNo.1.2.3.4.5 は  
グラフ中の2.3.4.5.6に対応する

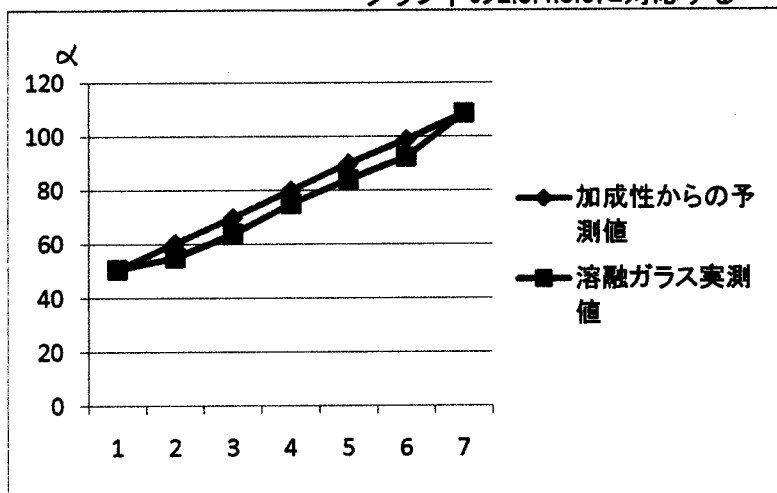




表3 バッチ混合比及び熱膨張率

中間ガラス №	混 合 比		熱膨張率 $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$	
	軟質ガラス	コパール封 着用ガラス	加成型から の予測値	熔融ガラス 実測値
—	0	6	—	50.7
1	1	5	60.4	55.0
2	2	4	70.0	63.9
3	3	3	80.0	75.0
4	4	2	90.1	84.1
5	5	1	99.0	92.4
—	6	0	—	108.7

4.2 各種中間ガラスの適当な熔融温度は混合比に従い変化するがその範囲は、1,350℃から1,450℃の間にあり、コパール封着用ガラスの多い程高温を必要とした。

4.3 ガス使用量は、1,400℃保持において、都市ガス6ℓ/min、酸素5.4ℓ/minであった。ルツボ満量のガラス90gを得るための一回の熔融で消費したガスは、都市ガス1.4m<sup>3</sup>、酸素0.95m<sup>3</sup>であった。

4.4 ガラス棒引き上げによる熔融ガラスの取り出し量は、ルツボ内ガラスの90%程度であった。

4.5 各種中間ガラスとも、泡を含まない、均質性の良いものであり、段つき管作成時の作業性は良いものであった。

## 5. 考 察

### 5.1 熔融ガラスの均質化

前述したように中間ガラスを得るには、2種のガラスを練り合わせて作る方法がある。この場合2種のガラスは同温度であり粘度差があるため充分練り合わせているつもりでも実質的には軟質ガラス中を硬質ガラス塊が移動しているだけということになりやすい。この傾向はガラス量が多いほど顕著である。

本方法によれば (イ) ガラス粉末であるため比重差，形状差が少く混合が容易である。(ロ) 溶解しにくい石英粒がないため熔融時間が短縮できる。(ハ) 微粉状ガラスであり表面積や接触部が多いため均一多数の泡が生じ，この泡の成長，上昇移動によって全体的な攪拌がなされて微細部の均質化を促すという効果がある。

## 5.2 バッチからガラス清澄化の過程

熔融時のバッチ上面からの観察によればガラス清澄化は図3のように進むものと思われる。

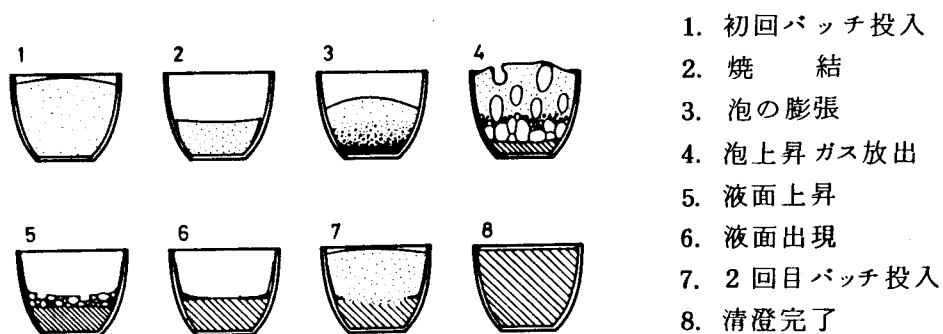


図3 バッチから熔融清澄化の過程

### (1) バッチ投入及び焼しまり

熔融はルツボ壁からの熱伝導，及びルツボ上方の炉壁からの熱輻射により進行する。バッチは約800℃において一時焼きしまった状態となる。このときバッチ粒間に捕えられた空気は独立気泡となる。(図3・1，2，参照)

### (2) バッチ内の気泡の膨張

温度上昇に伴う気泡の膨張と共に熱伝導は急激に低下する。このためルツボ高温部に接するバッチは液化が進むが，内部においては温度上昇速度は遅く気泡のゆるやかな膨張にとどまる。この場合の過熱は吹きこぼれの原因となる。(図3・3参照)

### (3) 泡上昇及び破泡

ガラス液面に接する気泡は高温にさらされて大きくなる。さらに隣接する小気泡を吸収併合して巨大気泡となり浮力を増してガラス液面から分離し，泡層を通過して表面に達し破れ，消失する。(図3・4参照)

#### (4) ガラス液面の上昇

泡層全体についてみれば、ここでも小気泡は大気泡に吸収されて見掛けの比重が低下する。これにより液部と泡部の分離面が形成されるものと思われる。(図3.5 参照)

#### (5) ガラス液面の上部への移動

泡層内の気泡の減少に伴いガラス液面は徐々に上部に移動し、最終的には泡をほとんど含まない内部を透視できる清澄ガラスとなる。(図3.6 参照)

### 5.3 熔融ガラスの取り出し

熔融ガラスの取り出しは、図4, 図5 に示すガラス棒により引き上げる方法によ

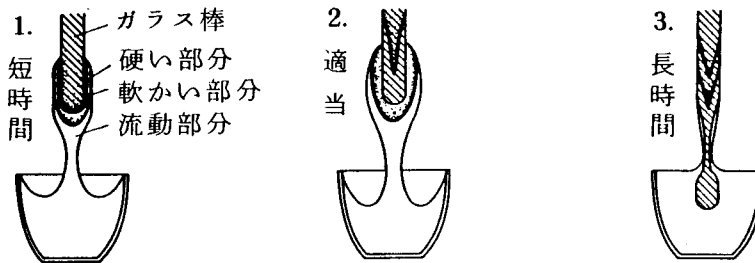


図4 ガラス棒の接触時間とガラス引き上げ量

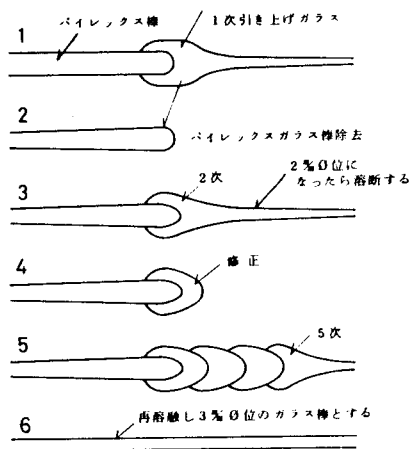


図5 ガラス引き上げ順序

った。低温度のガラス棒を高温度の熔融ガラス中に入れると熔融ガラスは冷却されてガラス棒により引き上げることができる。このときガラス棒と熔融ガラスの接触時間が短いと熔融ガラスの温度降下域はせまく、引き上げられるガラス量は少ない。

逆に長すぎた場合にはガラス棒は軟化して溶融ガラス中に取り込まれる。取り出せるガラス量はガラス棒の熱容量によって決まり所望のガラス量を得るためには、取り出し、成形、冷却の操作を繰り返して、ガラスの“タネ”となる部分を増大させていくことが必要である。

溶融ガラスを放冷したあとルツボを破壊すれば全量のガラスを得ることができる。このガラスを再溶融し引き伸し試験を行ったところ、ルツボ壁接触部ガラスは高粘性の異質ガラスとなっていた。またふっ化水素酸腐食試験により確認したところ、この異質ガラス部分はルツボ壁から2 mm程度の範囲にあることがわかった。したがって均質ガラス部分を得るためにはこの部分を機械的に除去しなければならない。

この点で、ガラス棒による引き上げ法によると異質ガラス部分はその高粘性からルツボ壁に残されるため、都合よく均質ガラス部分だけを得ることができる。

#### 5.4 熱膨張特性

混合溶融によって得られたガラスが熱膨張率において加成性を示すと仮定した値と、実際の溶融ガラスの値は表3のようにいづれも溶融ガラスの方が低くなっている。これは再溶融時のアルカリ成分の揮発及びルツボからのアルミナ成分の混入によるものと考えられる。この変動量は各種中間ガラスの予想熱膨張階差を越えるものではなく予定通りの使用が可能なものであった。

#### 5.5 一般的なガラス製造法と本法との比較

一般にガラスを製造する場合、ガラスカレットと各種原料が使われる。この中には吸湿性の強いものや、水、炭酸ガス等の形で揮発する成分を含むものがあり、定められたガラスを得るためには繁雑な計算が必要である。

本方法によれば出発原料がガラスであるため組成変動要素が少なく、乾燥と秤量によって容易に希望するガラスが得られる。

#### 5.6 レンガによる保温効果

断熱レンガを使用せずにルツボ加熱を行った場合、熱の分散が多く、部分強熱による割れ、溶損を生じた。断熱レンガによる保温は燃料消費量を減らし、炉内を一樣な高温に保つことができる。また泡面への輻射加熱があるため消泡が促進され、ガラス清澄化が可能となった。

## 6. ま と め

コパール封着用ガラス及び軟質ガラスの段つき用中間ガラスを、微粉化混合再溶融によって製造した。

(1) 得られた各種中間ガラスの熱膨張率は予想値に対して偏差は少く、段つき管の製作に支障がなかった。

(2) バッチ混合割合が3 : 3の場合、初回バッチ投入から90gのルツボ満量ガラスを得るまでの所要時間は、炉内温度1,400℃において3時間半であった。また消費したガス量は都市ガス1.4 m<sup>3</sup>、酸素0.95 m<sup>3</sup>であった。

(3) 得られた中間ガラスを用いて6 mm $\phi$ から30 mm $\phi$ の段つき管各種類、計20本を製作し、100℃及び0℃の水中で10サイクルの急熱急冷試験を行ったが破損品はなかった。

(4) 溶融炉は容易に製作できる。またガラス工作用バーナーを熱源とするため一般のガラス工作室で容易に製作できる。

最後に試料の調整、熱膨張率の測定に御協力を頂いた当所6部1課の黒川利一技官、同5部2課の中村和雄技官に厚く感謝の意を表します。

## 文 献

- 1) 飯田武夫 : “ガラス細工法 — 基礎と実際 — ” 廣川書店 (1972) P.80
- 2) Francis C. Frary (平野四郎訳) : “ガラス細工の実際 ” 廣川書店 (1960) P.56
- 3) Fay V. Tooley : “ Handbook of Glass Manufacture ”, II. Ogden Publishing Co. New York. (1960) P.171

---

日本ガラス技術研究会 会誌  
第 19 号

昭和 55 年 12 月 20 日 印 刷

昭和 55 年 12 月 25 日 発 行

発 行 所 埼玉県上尾市富士見 2-6-3  
日本ガラス技術研究会 編集部会

発行責任者 加 賀 義 雄

印 刷 所 埼玉県上尾市緑丘 5-14-6  
三美印刷 (0487) 72-3607

---