

# ガラスの紹介とガラス加工班での経験

工作部門 ガラス・木材加工技術班  
横山 真也

## 1. はじめに

私は4月から技術センター工作部門ガラス・木材加工技術班に所属している。本加工班では、本学構成員からの依頼に基づきガラスを加工して理化学実験器具等を製作している。しかしながら、私は本加工班に配属されるまでガラス加工を行ったことがないため、今年度はガラス及びガラス加工についての情報収集や基本的な加工技術を習得するための練習を行った。

今回の発表では、私がガラスやガラス加工についての情報収集で得た知識の中で興味を持ったガラスの歴史、ガラスの種類及びガラスの製法の紹介と、一年間実際に取り組んできたガラス加工について報告する。

## 2. ガラスの歴史

ガラス加工技術の発展の歴史を簡単にまとめたものを図1に示す<sup>[1],[2]</sup>。図1に示すようにガラス加工の発祥はエジプトやメソポタミアであるといわれており、今から4000年以上前になる。ここから、ヨーロッパ方面にはローマ時代に日本へはシルクロードを伝って弥生時代ごろにガラスが伝来してきたと考えられている。

ヨーロッパでは、ローマ時代に吹きガラスの技法が開発されるなど、ガラス加工の技術が時代とともに発展していき、13世紀には現代にも残るイタリアのヴェネチアングラスが生産されていた。

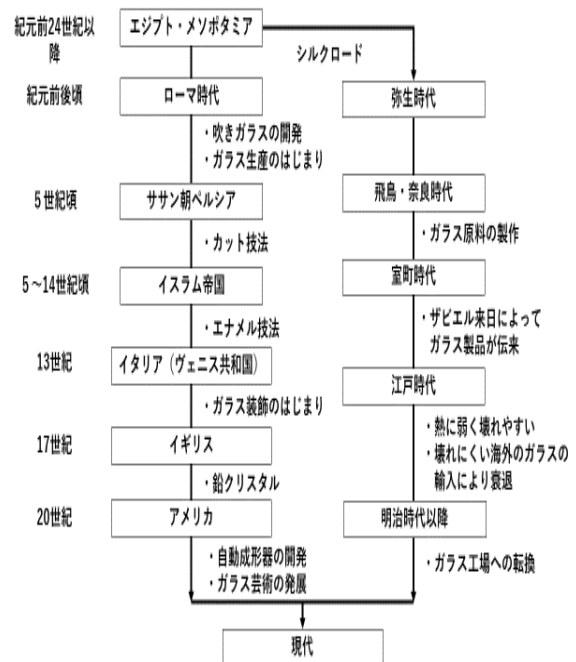
一方、日本では奈良時代に盛んにガラス製造がおこなわれていたが、一度衰退しフランシスコ・ザビエルが来日するまで復活しなかった。江戸時代に入って長崎を中心にガラス製造が盛んになり、江戸後期にはフランスなどが製造された。明治21年にアメリカからガスバーナーが入手できるようになり、この時期が日本のガラス細工、ガラス加工の原点といわれている。明治23年ごろから、二次加工技術の開発が進み、白熱灯で電球製造が始まる。この会社には、大学におけるガラス加工の発展に大きく貢献された川村禄太郎がいた。

川村は後に独立しその弟子の中に山田清吉がいた。山田清吉は大正元年に東北大学理学部のガラス工として勤務し、育てた弟子の中に広島大学のラス工場最初のメンバーである山田貞之助がいた。

広島大学のガラス工場は、広島高等師範学校の物理棟と化学棟の間にある木造平屋の建物で広島で最初のガス炎によるガラス器具の製作が始まった。

広島文理科大学の新鉄筋校舎が完成すると、新校舎の南側に木造の工場ができ、木工場、硝子工場、金工場のそれぞれが実験・研究支援に技を競った。この後、人数が増え工場が手狭になったため15坪の木造のガラス工場が建設された。しかしながら、原爆により焼失している。

戦後は、昭和26年に理学部1号館裏手にガラス工場が設置された。その後、理学部、工学部などの東広島移転に伴い、ガラス加工の工場も東広島に移った。現在では、平成23年に整備されたものづくりプラザのフェニックスファクトリーにガラス工場がある。



※年表はヨーロッパに対応

図1.ガラス加工の歴史

### 3. ガラスの種類

ガラスは、ケイ酸( $\text{SiO}_2$ )を主成分としており、その他の成分によっていくつかの種類に分かれている。例えば、ケイ酸と酸化ナトリウム( $\text{Na}_2\text{O}$ )、酸化カルシウム( $\text{CaO}$ )を主な成分とするガラスは、ソーダ石灰ガラスと呼ばれ安価なことから、板ガラスやガラス瓶などに広く利用されている。また、酸化ナトリウム( $\text{Na}_2\text{O}$ )、ホウ酸( $\text{B}_2\text{O}_3$ )、ケイ酸を主な成分とするガラスは、硼珪酸ガラス(アメリカのコーニングの商標であるパイレックスと呼ばれることも多い)と呼ばれ、ソーダ石灰ガラスよりもケイ素の割合が多く不純物が少ないため、熱膨張率が低く突発的な高温(熱衝撃)に強い。そのため、理化学実験器具等に使用される。硼珪酸ガラスと同様に、理化学実験器具によく用いられているガラスに石英ガラスがある。このガラスは、ほぼ100%のケイ酸で構成されており、硼珪酸ガラスよりもさらに熱膨張率が低く、より熱衝撃に強くなっている。さらに透過度も高い。しかし、熔けにくいいため加工が難しく高価になってしまい特殊な環境下で使用する実験器具に主に用いられる。

以上のようにガラスと一括りに呼ばれていても、様々な種類が存在している。

### 4. ガラスの製法

ガラスの製法は様々なものがあり、板ガラスの製法としてはフロート法、ロールアウト法、スロットダウン法、フュージョン法等があり、ガラス管の製法としてはダンナー法、ダウンドロー法、アップドロー法がある。このうち、板ガラス生産の主流であるフロート法について簡単に紹介する。

フロート法<sup>[3],[4]</sup>は1959年にイギリスのピルキントン社によって開発され、現在でも高品質ガラスの製法として広く利用されている。フロート法では、図2に示すように熔解したガラスを炉から送りだし、融解金属(錫)の上を浮かせながら流すことによって、平行平面である板ガラスを生産する。

この製造法が確立される以前は引き上げ法によって板ガラスが製作されていたが、磨き工程なしで、磨板ガラス同士の優れた平滑度を持った品質が得られること、長期間の連続生産ができる、板厚・板幅の調整範囲が広く、比較的容易に変更できるなどの利点がフロート法にあるため、現在ではフロート法によってほとんど

の板ガラスが製作される。

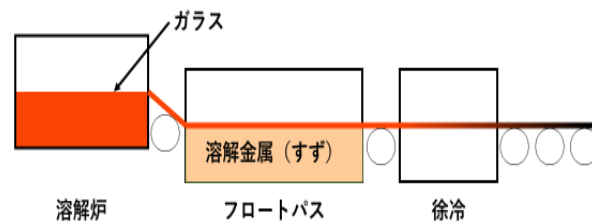


図2.フロート法の流れ

### 5. ガラス加工技術班での業務と経験

ガラス加工技術班での業務内容としては、教育・研究用の実験装置・機器の製作等や学生実習を行っている。今回は主な業務である実験装置・機器の製作のうち、私が取り組んだことを主に述べる。

今年度ガラス加工班としては、ガラス加工の基本的な加工技術の習得に取り組んだ。基本的な加工技術といっても様々な加工技術がある。今回は板ガラスのガラスカッターを用いた加工、バーナーを用いた加工、機械を用いた加工の3つについて簡単に説明する。

まず、ガラスカッターによる加工であるが、図3左のように板ガラスの端にガラスカッターの刃先(図で拡大している丸い部分)を当て、少し押し付けながら手前に引き、板ガラスの端から端まで傷をつける。基本的には手で折るが図のように分厚い場合は、大きい力を加えやすいように傷の部分に机などの端に合わせて上から押してガラスを割る。傷をつける場合は一度でつけなければならぬため、力加減などになれないと傷が浅いことや傷がうまく入らないことがありきれいに割れない。実際に何度か練習させてもらったが、端から端まできれいに傷がついておらず、端がかけてしまうのでさらに練習をする必要がある。

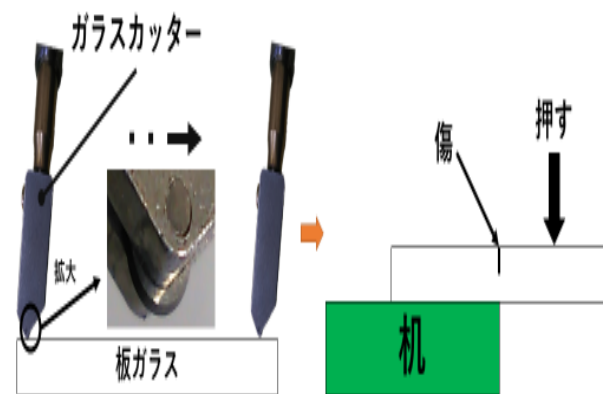


図3.ガラスカッターによる板ガラスの切断

次に、バーナーを使用したガラス加工について紹介する。ガラス加工で使用するバーナーはいくつか種類があるが、普段使用しているのは木下式のブルーバーナー(図4)である。この加工では、ガラス管同士の熔着、曲げ、引き伸ばしや異径管の熔着などの加工技術を利用して、理化学実験で使用する真空トラップやフラスコ類などを製作する。理化学実験器具には様々なものがあるが、基本的には上記にある加工技術を用いることで製作することができる。

そのため、ガラス加工を行うためには、上記に書いたガラス加工技術の習得が必須である。私はこれらの技術を習得するためにガラス管の直継ぎ、T字管、L字管の練習を行った。それぞれの加工内容について簡単に説明する。



図4.木下式ブルーバーナー

直継ぎは、図5のようにガラス管を回転させながら管の端を溶かして、別の同径のガラス管と熔着する。このとき、熔着した部分は完全にくっついていないので図5の枠の部分を管を回転させながら細い炎で溶かし直す。その際に、左側を閉じておき、右側から息を吹き込んで、肉厚にむらがなく外径が同一になるようにする。

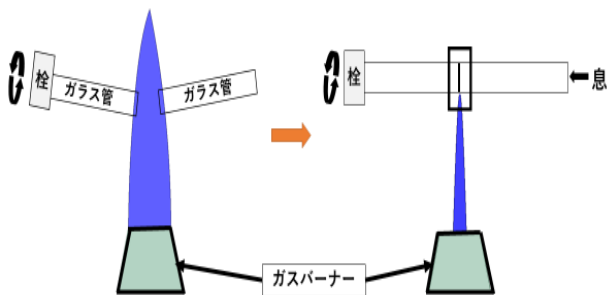


図5.直継ぎの流れ

T字管は、図6のようにガラス管の中央を溶かして片端から息を吹き込み穴をあける。あけた穴と別の管の片端を溶かしてT字に管をつける。つけた部分を溶かし直して熔着する。

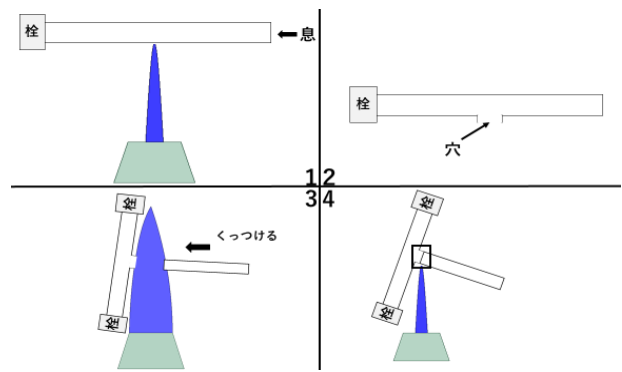


図6.T時間の流れ

L字管は、図7の左のようにガラス管を広く溶かして、L字に曲げる。曲げたらすぐに息を吹き込み形を整える。整えきれなければ曲げた管の内側を溶かして調整する。

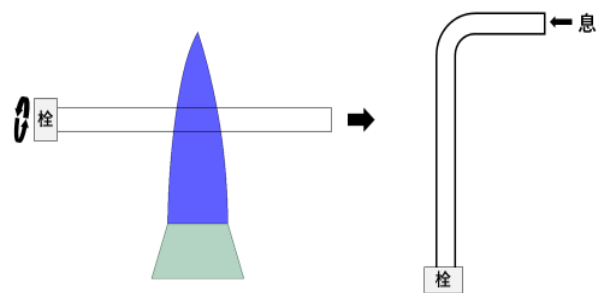


図7.L字管の流れ

異径管の熔着の手順を図8に示す。管径の異なるガラス管のうち、太い管の片端を溶かして閉じ、図左上のように息を吹き込んで丸くする。閉じた後、図右上のように閉じた部分の先端を溶かし、息を吹き込み穴をあける。あけた穴と細いガラス管の端を溶かしてくっつけ、さらにもう一度溶かし直して熔着する。(図左下、右下)。

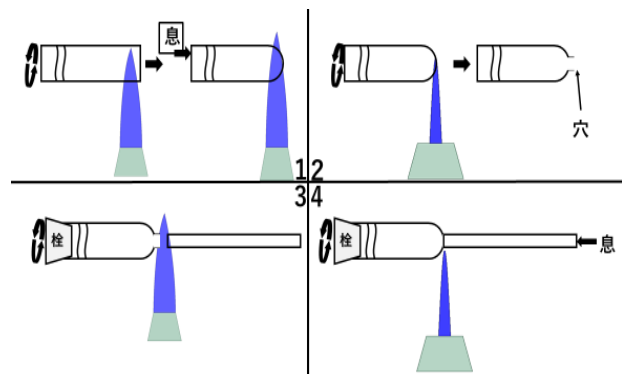


図8.異径管の流れ

これらの加工は、製作手順としてはそれほど工程が多いわけではないが、実際に加工しようとなると、バーナーの火の強さ、大きさ、ガラス管の熔け具合など感覚的に行う作業が多いため、練習を始めたころは、ガラス管を溶かしすぎることや熔着できても形状がいびつに

なってしまうことが多かった。現在では、図 9 に示すように見た目は良く見えるが、よく見ると微妙に肉厚が均一ではないことや管径に差がある、芯が完全には出ていないなどまだまだ精進が必要である。



(a)直継ぎ

(b)T 字管

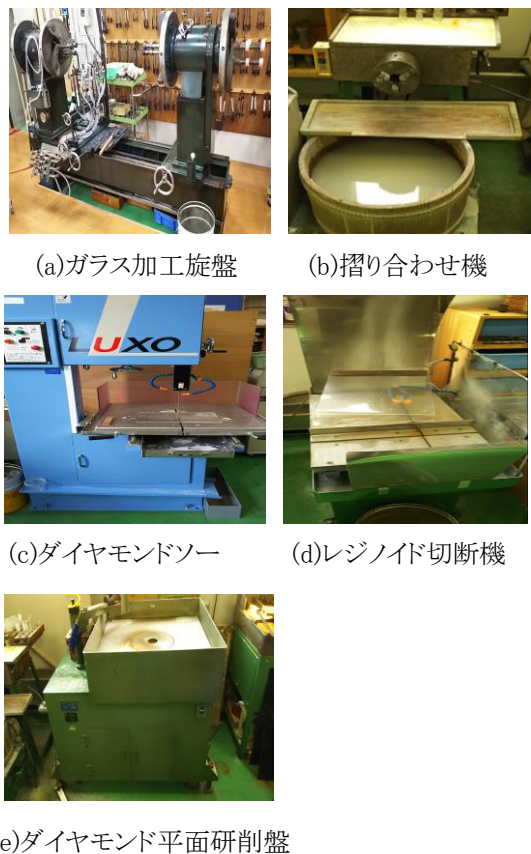
(c)L 字管

(d)異径管

図9.練習で作成したガラス加工品

上記に記した基本となる加工技術がある程度できるようになったころから、私自身も理化学実験器具のうち比較的容易である真空トラップや摺り部分を除いた冷却管などを題材として練習を始めた。実際に製品を製作してみると上記に書いた加工技術がどの部分で使用されているのかが分かり、どうすればうまくできるようになるかを意識して技術の習得に励めるようになった。現在では、使用可能なものが作れるようになってきたが、形状がきれいにならないことや、同じものでも大きさが変わると失敗することがまだある。どのような形状でも安定して製作できるようになるにはまだまだ経験が足りないため、これからも加工技術を習得のための練習に取り組む。

最後に機械を使用したガラス加工について説明する。ガラス加工班で使用する主な機械を図 10 に示す。一つ一つの使い方を説明すると長くなるため本原稿内での説明は割愛する。これら以外にも旋盤やフライス盤などを使用することもある。図10にある(a)～(e)まで一通り使用したが、それ以外のものについては、まだ使用方法を教わっていないためタイミングを見て教授してもらおうと考えている。

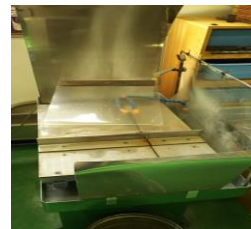


(a)ガラス加工旋盤

(b)摺り合わせ機



(c)ダイヤモンドソー



(d)レジノイド切断機



(e)ダイヤモンド平面研削盤

図10. ガラス加工で主に使用する機械

## 6. おわりに

今回、ガラス加工とガラス・木材ガラス加工技術班に配属されてから1年目に行った業務内容の一部を紹介した。本年度は覚えなければいけないことが多々あり大変であったが、初めてガラス加工を行うということで新鮮なこともあり、比較的楽しく業務を行うことができた。

今後は、今年度習得に努めてきたガラス加工技術の向上を目指すとともに先にも述べたようにまだ取り組んでいない新しい加工技術の習得を目指して努力していく所存である。

## 参考文献

- [1]「日本のガラスの歴史」, <<http://www.glassnokai.com/secret/jhistory.html>>  
2018年2月1日アクセス。
- [2]「ガラスの技法」, <[https://table.le-nobel.com/knoel-edge/knowledge08\\_glasshistory/](https://table.le-nobel.com/knoel-edge/knowledge08_glasshistory/)>2018年2月1日アクセス。
- [3] 黒川 明:「フロート法」,  
NEW GLASS, Vol.15, No.1(2000)
- [4] 日本電気硝子(株)成形技術グループ:「ガラス成型技術の概要」, NEW GLASS Vol.13 No.2(1998)