

# ガラス管の成形について

株式会社機能性ガラス研究所 藤田卓

## はじめに

エジソンが電球を発明したのは1890年のことであるが、これによってガス灯から新しい照明へのイノベーションとなった。その後、米国のGE社で高い効率で白色光を出す蛍光灯が発明されたのが1938年であった。日本では1940年に生産開始されるが、大きく需要が拡大するのは第二次大戦後に一般照明用としての普及である。ガラス管は手加工から自動成形法に移行するが、電球ステム管、ネオンサイン用ガラス管、蛍光灯用ガラス管、液晶ディスプレイ用冷陰極管、更には医療用途のアンブル、バイアル、シリンジ、カートリッジといった商品の原管としての用途向けに対応されてきた。今後期待される市場全体を眺めてみると、主に医療用途に関して、新興国群を中心にした伸びが予想される。

### 1. 手引き法

ガラス管は当初、全て手引き法で生産されていた。この方法は現在でも少量多品種対応品には継続的に採用されている。この手引き法の初期の基本的な方法について説明する。

手引き作業は通常2～3人の職人の共同作業で行われていた。猫塙と呼ばれるガラス溶解炉で溶解された材料を用いる。1人が吹き棹の先にガラスを巻取り、徐々に大きく膨らませつつ、輪台で形を整える。別の1人は鉄棒にガラスを巻き付け、ガラス円盤を作る。このガラス円盤に吹き竿で膨らませたガラスを押し付けて溶着させ、吹き竿を持った者は息を吹き込みながら後退して引っ張る。この時には、肉厚が不均等にならないように息を吹き込みながら吹き棹を回す。ガラス管の外径と肉厚は、吹きこむ息の量と引っ張る速度で決まる。更に3人目のものが外径を測定し、所定寸法に達した部分をエアーで冷却し、更なる外径変化を防ぐというような方式である。

### 2. ダンナー法(Danner process)

Edward Dannerは1912年にリビイガラス社に入社したが、その工場で電球バルブ製造に関わる溶解タンク建設に従事していた。電球用ステム管が手引き法で作られているのを毎日見ているうちに、ブローパイプの周囲に風よけのためのシリンダーを設け、ブローパイプに高温のガラスを連続的に供給すれば、ガラス管の自動成形が可能になると考えた。

図1は1917年米国特許取得のダンナー法の基本的な構造である。

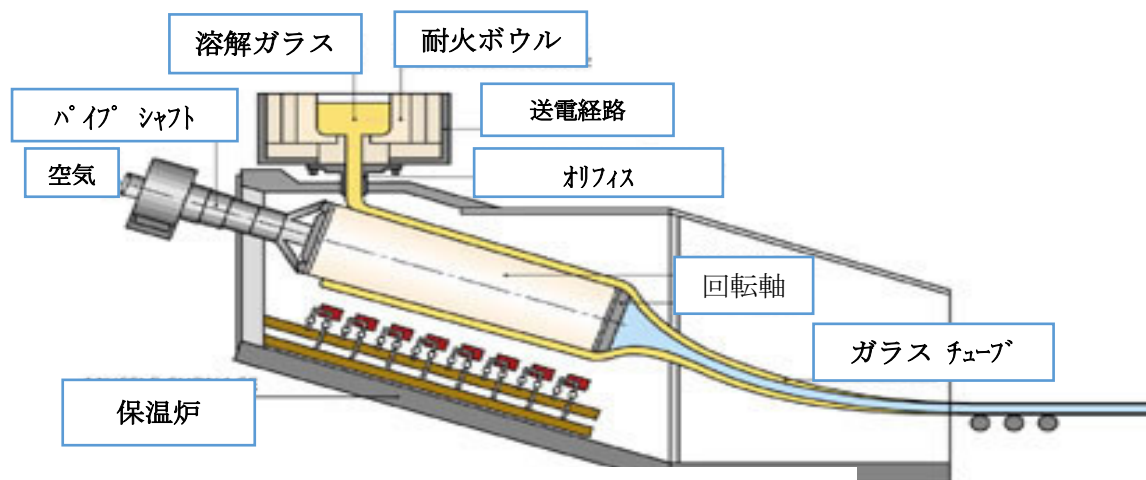


図1 ダンナー法の構造 (概要)

溶解されたガラスをトラフ(樋)から流下させ、回転するスリーブに連続的に巻取らせて、吹き込まれる空気によって一定形状に管引きされる方式により製造される。このダンナー法の基本原理は改善を試みられ、広く採用されるようになった。

## 2. ベロー法(Vello process)

1929年にベロー法の特許が公開された。これは図2に示すように、ガラス溶解タンクに連結した槽の底にシリンダー状の開口部がある。ガラスの流出量は、ブローパイプの先端に取り付けられた円錐状のマンドレルの高さを調節して加減できる。回転するマンドレルを離れたガラスは、ブローパイプから吹き込まれる圧縮空気により管状に抃げられる。垂直方向に引き出された管をそのまま切断して製品にする方法と、水平方向に曲げて管引きする方法がある。

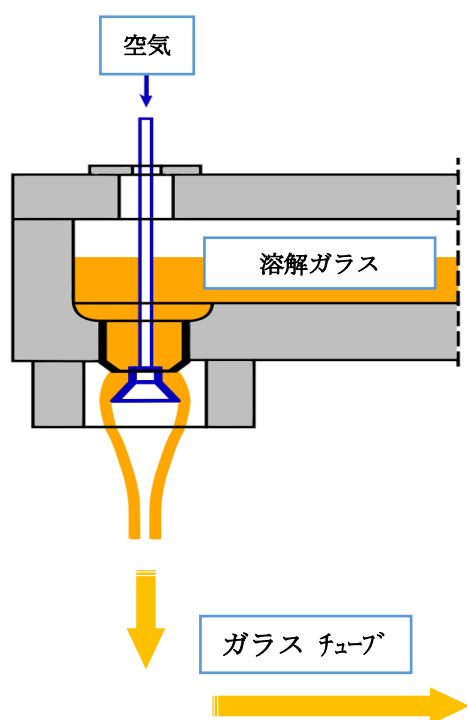


図2 ベロー法の構造 (概要)

## 3. 管ガラスの成形品の事例

このようなガラス管の成形技術は古くから多くのメーカーが取り組んできたものであるが実際には、製品によってはそのスペックをクリアすることは容易ではなく、多くの商品が限られたメーカーによってのみ製造されているといった面も有している。その例を示す。

### (1)液晶バックライト用ガラスチューブ

この材料は最近では液晶ディスプレイのバックライトが冷陰極蛍光灯からLEDに切り替わっているため流通しなくなってきたが、一定の長さの管ガラスを定められたスペックに入れる、また厳しいコスト対応も求められるという意味で管ガラスの成形と加工技術のレベルを計る意味では、その指標と出来る商品と言える。この材料を完成品にするには一定の二次加工も含めた対処がなされていた。

概略のスペックは次のようなものであった。

### ①ガラス材質

硼珪酸ガラスで熱膨張係数(30~380℃)  $38 \pm 1.5 \times 10^{-7}$ 、比重 2.26、歪点 490℃、徐冷点 530℃、軟化点 765℃といった物理的性質を有する。アルカリ溶出量(JIS R3502):0.1mg といった化学的性質を有する。体積抵抗率  $\log \rho$  at 150℃( $\Omega \cdot \text{cm}$ ): 11.7 といった電気特性を有する。

### ②構造寸法例

外径;  $\phi 2.4 \pm 0.05\text{mm}$  肉厚;  $0.2 \pm 0.02\text{mm}$  長さ(x);  $424.5 \pm 0.3\text{mm}$  内径;  $\phi 2.0 \pm 0.03\text{mm}$   
楕円; MAX 0.02mm 偏肉; 肉厚 MAX-肉厚 MIN=0.03mm 以内  
曲がり(y); 0.1mm 以内(管の両端から 10mm の箇所をローラーで支えて管を 1 回転させ、その時の管の中央部の振幅をレーザ式曲がり測定器で測定する。振れの 1/2 を曲りとする)  
切り口平面度; MAX 0.3mm

### ③外観

- \*表面には、汚れ、クラックがないこと
- \*口焼きは均一にされていること
- \*ブツは 0.5mm 以上、0.2~0.5mm のものが、ガラス管 1 本中に 2 個以上ないこと
- \*キズは爪に引っかかるものがないこと
- \*スジは幅が 0.02mm 以上ないこと、両端 0~10mm に泡がないこと

## (2)医療用ガラス成形品

対象となる商品としては、アンプル、バイアル、シリンジ、カートリッジといった商品が代表的なものとして挙げられる。医療用途以外に一般的に流通するガラス瓶という商品は主にゴブ材と呼ばれる“お餅”のような形状をしたガラスの塊を使用し、熱加工により瓶に仕上げるのであるが、その方法では精度の高い寸法精度が得られない。そこで、管ガラスを原材料としてガラス容器に仕上げられるのが一般的である。

### ①アンプル

アンプルは、薄いガラス管(硼珪酸ガラス)を成型したもので、薬液を充填した後、末端を熱(通常はガスバーナー)で溶融して閉じる。硬質ガラスは医薬品成分が吸着したり、ガラスの成分が溶出したりすることがほとんど無く、内容液との反応性が低い。酸素などのガス透過性もない。

### ②バイアル

バイアルは、ガラス瓶に栓をし、カバーをするものである。製法から分けると 2 種類あり、高精度品は管瓶といわれるもので、硬質ガラスの管をガスバーナーで成型して作られ、アンプルに比べると厚手のガラス管を使うことから、加工温度を高くしなければならず、アルカリ溶出が多少多くなる傾向がある。もう一つの製法は、溶融したガラスを型に入れ、内部に空気を吹き込んで成型する方法で、大量生産の場合かなり低コストで、大容量のものも作れるが、軟質(ソーダライム)ガラスを用いるので、管瓶に比べアルカリ分が多めになり、内部の薬液がアルカリ性の場合、長期間の保存では、ガラス内壁の腐食も配慮する必要がある。

他の注射剤容器として、注射筒にはじめから医薬品が封入してあり、注射針をつけてそのまま使用できるプレフィルドシリンジといったものもある。

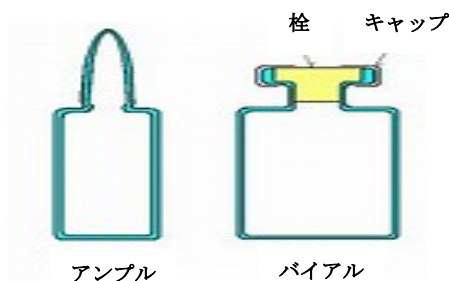


図3 アンプルとバイアル

### 終わりに …ガラス管の成形の方向性

ガラス管の成形品の事例でも示されている通り、電子部品としての用途、更には医療用途に高精度のガラス管の成形が要求される。機械引き法としてダンナー法、ペロー法が古くから知られており、多くの企業が取り組んできたが、更なる改善によりレベルアップしている企業が優位に事業展開出来ているというのが実情である。最終製品にするための二次加工が重要であることも事実であるが、大元の生地管の製造という工程は、最終製品の品質に大きく影響を与えることになる。このような現実を背景にして、日本国内市場では業界内を騒がせる大きな訴訟問題に発展するようなこともあった。

そのような経緯も踏まえながら、ガラス管成形の基幹技術については、海外の複数のメーカーが所有してきていることから、これらの状況に着目し、新たな参入社が M&A のような形をとって、新興の大市場において大きく伸ばしつつあるという動きが顕著になってきた。また、医療用材料は医療機器を含めて工程での処理の自動化、トラブル回避のシステム作りが極めて重要である。例えばバイアルといった商品ではセッティング～薬液注入～巻締めといった工程を厳密に管理し、またそのための装置・部材を提案するといったソリューションビジネスが、より求められるようになった。

これら動きに関しても注視して行く必要がある。

### 参照

- 1) F. Holl, Glass Machines (ed. W. Giegerich and W. Trier) Springer-Verlag, New York (1969)
- 2) Dralle-Keppelar, Glas Fabrikation, Vol. 1  
特許公告番号 W02011055692 A1
- 3) 和田正道：ガラスの事典(作花済夫編)．朝倉書店，1985，pp. 288-291
- 4) 長澤哲也[独禁法事例速報]排除型私的独占による独禁法 25 条に基づく損害賠償責任  
-東京高判平成 24・12・21 掲載誌：ジュリスト 1452 号 (2013 年 4 月号)  
有斐閣, 2013. 4
- 5) 株式会社機能性ガラス研究所 社内資料