

ガラス工作技術研修

材料化学系材料技術班（ガラス工作室） 佐藤 考志

○研修日

10月28日、1月13・14日

○研修場所

北海道大学（札幌）

理学部、工学部、触媒化学研究センター、電子科学研究所

○研修目的

ガラス工作に関する技術および知識の修得

○研修内容

本研修は、公的機関（あるいは民間団体等）が企画実施した研修ではありません。北海道大学の各ガラス工作室へ出向いて行ったものであり、研修として特別のプログラムが用意されたわけではありません。

研修はガラス工作の基本と応用例など研修場所の職員の業務を見学する形で行いました（現地での実地研修はほとんど行うことができません）。具体的にはガラスを融かしての加工、各種研磨加工など、ガラス技術全般にわたっての技術研修となりました。加えて、研究者のガラスに求めるニーズは常に変化していることから、新しい工作技術や工作機器が必要になります。それらへの対処、新技術の開発など幅広く意見交換を行いました。

また、民間の技術者（横田製作所・札幌）と会うこともできたので、最新の工作機器や、民間施設の状況などを知ることができました。

なお、本研修は「技術部発表会（3月30日、本学講義室）」にて「パイレックスガラスの加工について」と題して報告しています。以下に、報告した内容を一部修正して示します。

本報告は、出張の中身を中心にしますが、個々の技術を取り上げるだけではま

とまった報告にはなりませんので、日常的な業務を含めて報告とします。

1. ガラスの特性

あたりまえのことですがガラス工作室ではガラスを取り扱います。

ガラスとはなにか？

一般にいうガラス = 窓ガラス、瓶ガラス（シリカ系の無機ガラス）
広義に言う古くからの定義 = ガラス状態にあるもの
ガラス状態 = 分かりやすく言えば粘性物質
低温域では、結晶化せずに固まっている
※ 無機物とは限らず有機ガラスもある（アルコールなど）

ガラスとは、一般的に窓ガラスのような無機ガラスを指しますが、定義そのものは非常に幅広く、ガラス状態にあるものを言います。金属などにみられる特定の融点や凝固点はなく、低温では固まっても、粘度が無限大になって固まっているだけです。粘性物質というのはかなり乱暴な表現ですが、融けたガラスはやはりベタベタとして粘りけがあります。

ガラスの特徴

- 一般に透き通っていて光を通す
 - 低温では無限大の粘度をもって固まるが結晶化しない
 - ◎ 金属や氷（水）のような融点はなく、軟化する温度に幅がある
 - ◎ 固まった状態から温めると、水飴状の粘性物質になる
 - ◎ 脆く壊れやすい
-

ガラスにはこれらの特徴がありますが、加工する場合には◎印の三つが重要です。これは、ガラス状態であることを利用して加工するということです。

いくつかのガラスの熱的特性を表-1（次ページ）に整理します。ガラスを溶かして加工する場合、これらの熱的特性が大切で、軟化点、除冷温度が特に重要

表-1 ガラスの熱的特性

No.	膨張係数 10 ⁻⁷ cm/°C	軟化点 °C	歪点 °C	徐冷温度 °C	作業温度 °C	作業炎
クォーツ	5.5	1500~	990	1050		プロパン+酸素
ハイレックス 7740	32.5	820	515	525	1260	都市ガス+酸素
ビードレックス	46	623				都市ガス+圧縮空気
ライム 0080	92	676	478	510	1010	都市ガス+空気
ソーダライム	104	379	309	323	461	都市ガス+空気
ウラン 3320	40.0	780	497	535		都市ガス+酸素
タンクステン 7050	46.0	703	461	496		都市ガス+酸素
金属タンクステン	44					

です。ガラス工作室ではここで示したガラスの他に10種類以上のガラスを扱っています。No. はコーニング社のガラス番号で、空欄になっているガラスは他のメーカーの物です（各物性値は文献で知られているもので、独自に測定したものではありません）。

従来、理化学用には低い火力でも加工できるガラス、いわゆる軟質ガラス（ライム）や並ガラス（ソーダライム）を用いていました。現在は、熱的安定性が高く破損しづらい、ピアレックス（硬質1級ガラス）が主流になっています。ピアレックスといっても食器用、電子部品用といろいろありますが、ここで言うのは「理化学用のピアレックス硬質ガラス」を指して言います。

クォーツというのは、通称石英ガラスのことです。ガラスとして扱われてはいますが、結晶構造を持ち、宝石に分類される程の硬さを持った石です。このガラスはなかなか融けないので超高温の実験に使用します。ただ、値段が高いことと、加工が難しいためにあまり使われません。

ビードレックス（硬質2級ガラス）というのは値段が安いために好んで使う人もいますが、膨張係数が大きいので複雑なガラス器具には向きません。

ソーダライムは、ラムネの瓶などに使われてるガラスです。北一ガラスなどの工芸品は、これに似た非常に融け易い種類のガラスを使用しています。

ガラスは膨張係数の差が小さいものであれば、違う種類のガラスとでもお互いを融かしてくっつけることができます。例えば、ピアレックスとビードレックスは直接つながりませんが、間にウランガラスを入れて膨張係数の差を分散させればつながることができます。また、膨張係数の近い金属材料と直接つながることもでき、例えばタンクステンガラスと金属タンクステンは直接つながります。

次に、これらのガラスの組成を見てみましょう（各組成は文献で知られているもので、独自に分析したものではありません）。

ガラスの組成									
No.	Chemical Composition								
	SiO ₂	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	P ₆ O	U ₂ O ₈
クォーツ	99.9								
ハイレックス 7740	83.5	10.2	1.8	4.5					
ビードレックス									
ライム 0080	72.5		4.7	11.5	2.9	7.0	2.3		
ソーダライム									
ウラン 3320	75	12.7	2.4	4.6				3.4	1.8
タンガステソ 7050	67	22	2	...	6.5	...			

余り詳しく書き込んでいませんが、シリカ分が多いほど熱的耐久性は高くなります。逆にいくつかの金属が混ざっている方が、薬品に対しては強くなり、ビードレックス（今回は組成を調べられませんでした）は医療用として広く用いられています。いいのか悪いのか分かりませんが、ウランを含んだガラスも使われています。

2. 理化学ガラス器具の一例

一般の理化学実験器具はパイレックスガラスを用いて作ります。その特色のある一例を紹介します。

図-1 a は循環ポンプというガラス器具の構造です。縦のシリンダーと一個のピストン、上下にピストンを受けとめるスプリング、底にはフタ、上には出口側の弁がついています。

図-1 b の様にピストンの

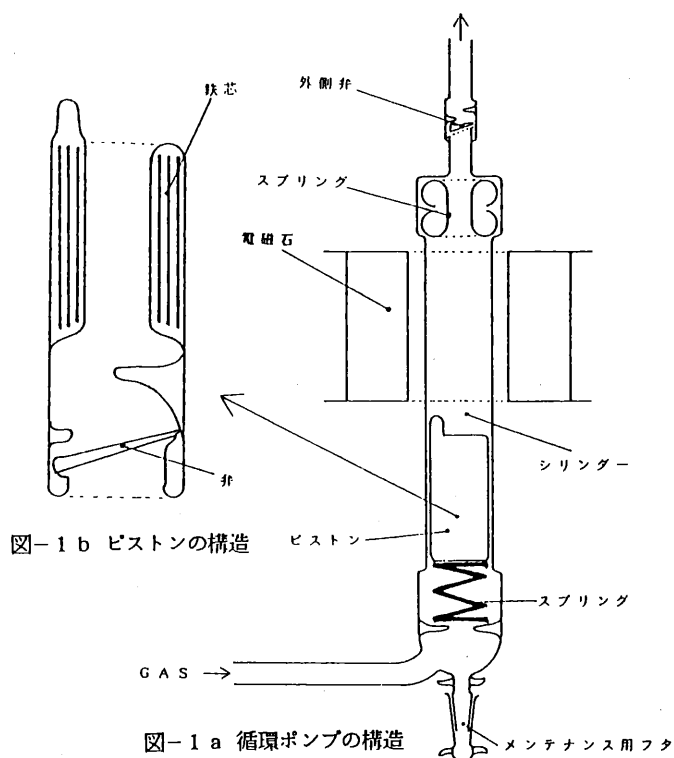


図-1 b ピストンの構造

図-1 a 循環ポンプの構造

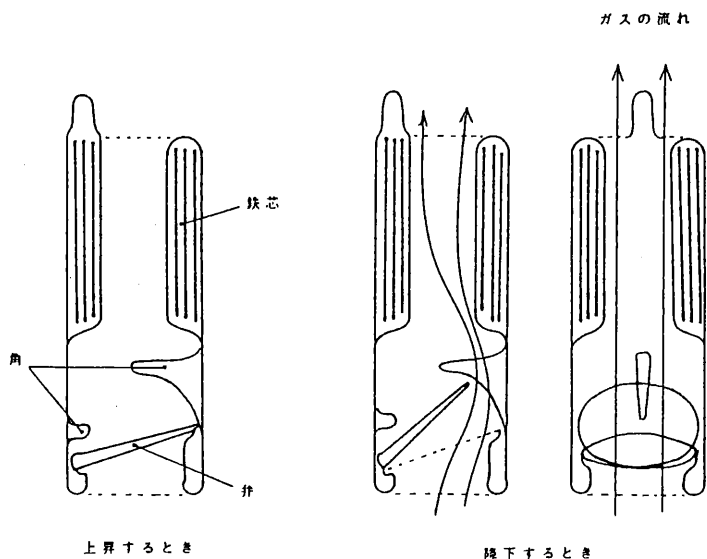


図-2 ピストン内弁の動作とGASの流れ

にガスが流れます。ピストン内の弁の動きとガスの流れを図-2に示します。循環ポンプの機構上、ピストンと弁の動作が大事ですが、効率よく流れるように、工夫されています。

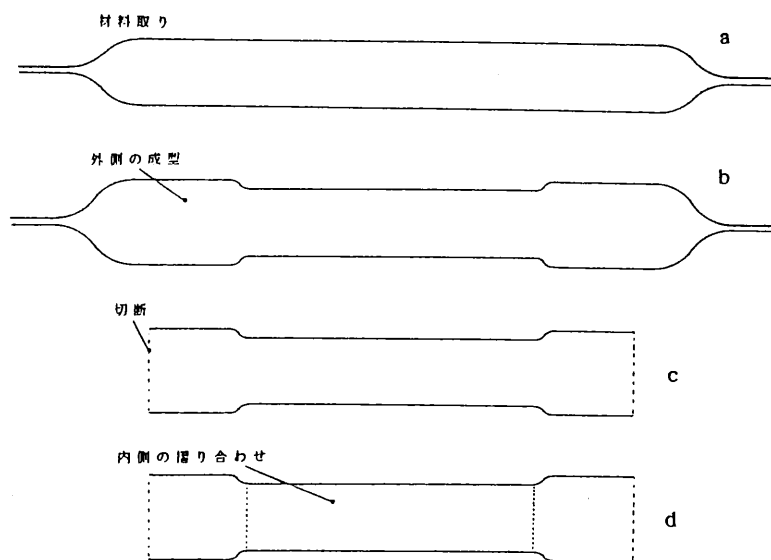
3. 循環ポンプの製作

循環ポンプの製作手順を紹介します。

ガラス工作は実際に作る所を見てもなかなか分かるものではありません。ここでは、軽く触れる程度にとどめます。

まず、始めにシリンダーを作ります。外側を整えて(図-3 b)切断し(図-3 c)、内側をきれいに削りま

図-3 シリンダーの制作



内部構造は複雑で、中心に空洞部分を確保しつつ、鉄芯と弁を内蔵しています。この弁は外側の物も同じですが、下から上の方向にのみ流れるように組み込まれています。

循環ポンプの使い方は、上方に置いた電磁石を動作させるだけです。電磁石を働かせ、鉄芯を封入したピストンを引き上げ、電磁石を止めてピストンを降ろす。ピストンの動きに伴い二つの弁が別々に開閉し、下から上

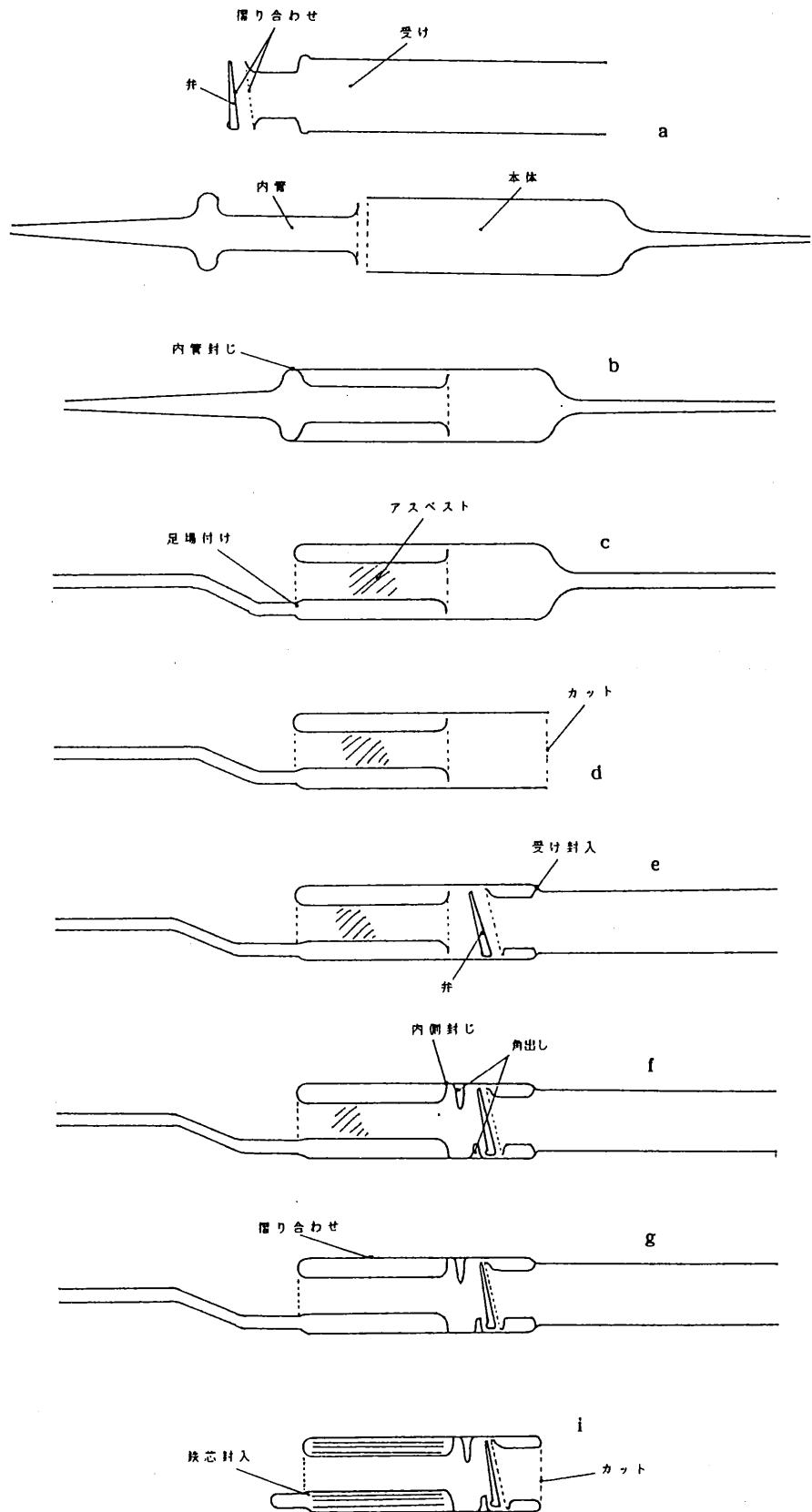
す（図-3 d）。これは注射器の摺り合わせと同じです。

次にピストンを作りますが、これが最も複雑で重要な部品です。

まず4つの部品（図-4 a）を用意します。組み立てる前に、弁の摺り合わせが良く馴染むことを確認しておきます。組み立てはまず内側の管を封じ込み（図-4 b）途中アスベストを使う（図-4 c）などして弁を組み込みます（図-4 e）。次に摺り合わせ加工（図-4 g）を行います。摺り合わせはシリンダーとよくなじむように削りますが、高い精度が要求されます。最後に鉄心を封入してでき上がります（図-4 h）。

残りの部品、外側の弁（次ページ図-5 a）、フタ（図-5 b）、スプリング（図-5 c、d）を用意します。2つの

図-4 ピストンの制作

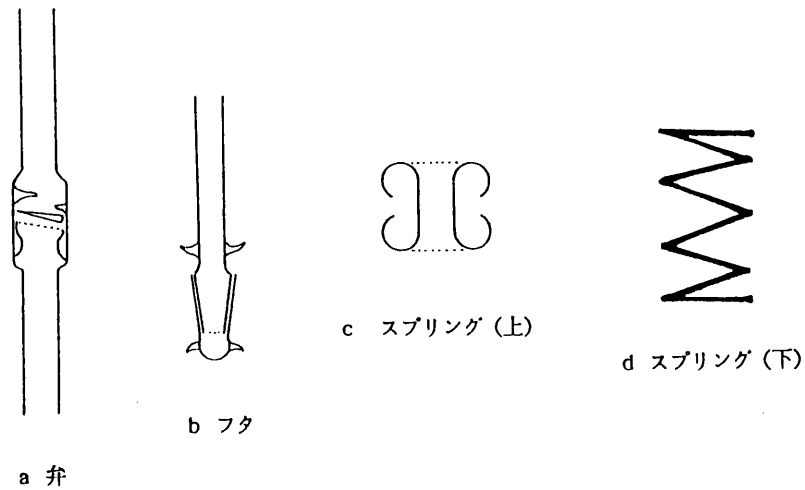


スプリングはテフロン製で、素材を購入してガラスと同様に加工、成型します。

以上の部品ができ上がったら全体を組み立てます。

最後に、漏れテスト、動作テストを行い完成です。

図-5

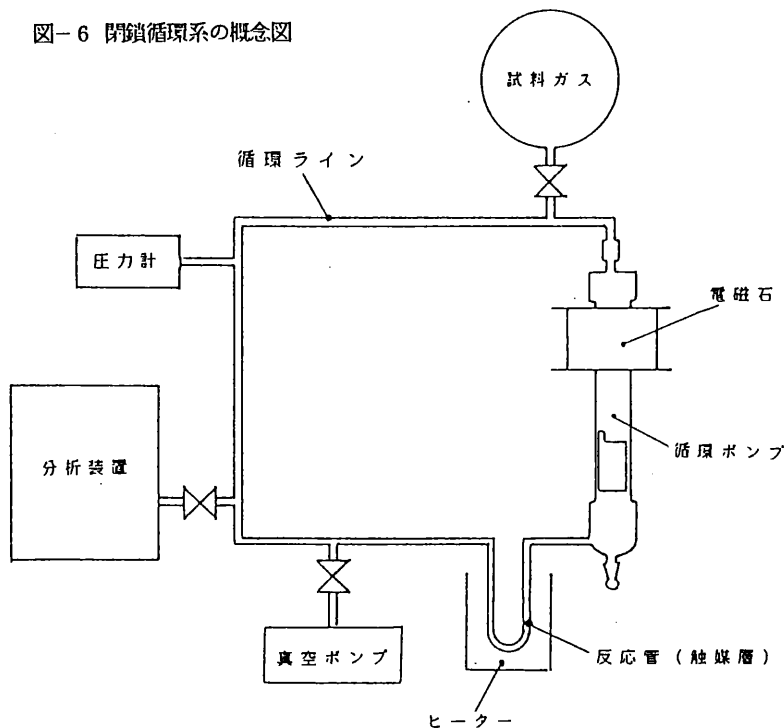


この形式の循環ポンプは北大で改良されてきた物ですが、本学独自の改良をいくつか加えています。また北大と違って加工施設が整っていないので、本学独自の加工法を開発しています。

このようにして作られた循環ポンプは、本学では応用化学科、材料物性工学科で使用されています。

具体的には、閉鎖循環系と呼ばれる実験装置に組み込んで使用します。

図-6 閉鎖循環系の概念図



閉鎖循環系とは気相の触媒活性試験によく用いられる実験装置です。

かなり簡略化していますが図-6のような装置で、周辺を除いた主要部分はガラスで作られています。

循環ラインと呼ばれる環状に組んだガラス管内に導入された実験ガスを循環させるためにポンプを使用

します。この場合は実験の性格上、ガラス製のポンプでなければならず、循環ポンプは必要不可欠なガラス器具といえます。

5. 今後の展望

循環ポンプは岩城ガラスや柴田ガラスなどのメーカー品と言うものではなくいわゆる特注品です。今現在、北海道内では私を含めても5人しか作っている人がいないという貴重なものです。北大で作られた物は、海外の研究機関から問い合わせが来るなど、優れた物として研究者に広く知られています。

また、循環ポンプに限らずとも研究目的に応じた特注のガラス器具が数多く必要とされ、今後より一層の技術の向上と、安定した製品供給が求められます。

○所感、感想など

ガラス工作技術は、必要に迫られてから修得しようとしても間に合うものではなく、常日頃から練習と言う名の研修に励む必要があります。こういった職人的技術は個人の努力だけでなく、他の技術者との交流から得られることも非常に多く有意義なものがあります。今後も多くの機会を得て、他大学、民間企業などでの研修を重ねていく必要を強く感じます。

また、一面的にガラスの加工だけを考えずに、金属や木材の加工についても知識を広める必要を感じ、ガラスについても理化学用だけでなく工芸品や食器など幅広く知って行くことは、今後の理化学ガラスの加工にも有用と思われれます。

以上