

1 最初の実験 ガラス細工・ポリエチレン細工

化学実験では頻繁にガラスやプラスチックでできた器具や装置を取り扱うことになる。ここではガラスやプラスチックに親しむ意味も込めて、ガラス管・ポリエチレン管の基礎的な細工について実習する。

1-1 ガラス細工

化学実験で通常使われるガラスの材質としては大きく「並質」「硬質」「耐熱（パイレックス）」「石英」の4種類あると考えてよい。細工する立場からいうと軟化点と膨張率が重要で、並質ガラスは軟化点が700℃（ものによってかなり違う）で膨張率は $10 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 程度、硬質ガラスは780℃で $5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 程度、耐熱ガラス（パイレックス）は820℃で $3 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 程度、そして石英ガラスは1600℃で $0.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 程度と飛びぬけた特性を示す。学生実験では石英ガラスは扱わない。並質ガラスの細工は都市ガスと空気を用いたバーナーで十分可能だが、硬質ガラスや耐熱ガラスではかなり苦しくなる。硬質ガラスや耐熱ガラスの細工には、空気の代わりに酸素（あるいは酸素富化空気）を用いたバーナーを用いた方がよい。ガラス細工の基本操作については後に付ける参考書を見られたい。ここでは初心者が心得ておくべきポイントをまとめておく。

(1) ガラスの割れ口は鋭い

当り前の事であるがガラスが割れた(あるいはガラスを割った)場合、その割れ口は鋭く尖っている。ガラス管を切断した場合、その切口は刃物と同じ様に人を傷つけ得る。切断した所はバーナーの炎で加熱するか、ヤスリをかけて角を落としておくこと。また、材料として供給されるガラス管も両端は角があるので注意して扱うこと。

(2) ガラスは熱を伝えにくい

炎に熱せられ赤熱しているガラス管でも炎から数cmの所は素手で支えることができる。これはガラスの熱伝導性が悪いことを示している。つまり、ガラスを一旦加熱すると、局所的に熱くなり、冷却は遅い。細工を行う時はどこを加熱したか良く覚えておかないと思わぬ火傷を負うことがある。

(3) ガラスは歪に弱い

急熱・急冷によって大きな温度勾配が加わると、熱膨張・収縮による歪が加わって割れを招く。したがって、加熱する時は材料を一気に強い炎に入れる様なことは避ける。また、細工終了後も一気に炎から出してしまわずに、炎を大きく、且つ、低温にして(空気量を減らす)焼きなましを行ってから室温に戻す(軟化点より200℃程度低い温度(徐冷点に相当)でしばらく保つのが望ましい)。肉厚の器具については特に注意が必要になる。

また、種類の異なるガラスは熱膨張率が異なるので、無理につなぎ合わせても冷却後、接合部分が割れてしまう。特に並質ガラスと硬質・耐熱ガラスの接合は難しい。

(4) ガラスの薄片は空気中を漂う

T字管や駒込ピペット作成時等には封じたガラス管を吹く操作を行うが、このとき吹きすぎると、熱せられた柔らかいガラスは大きな風船の様に膨らみ、ついには破裂する。この時、ガラスは薄く小さな破片となって空気中を漂う。これを吸い込むと肺を傷つけることがあるので注意を要する。

いわゆる吹き破りを行う時はガラス管を大きく膨らませる必要はない。ガラス管に薄い部分を作れば良いだけである。これを破るにはガラス捨て用のゴミ缶の中で薄くした部分をヤスリ等で突けば良い。また、ガラス管が炎の中にある状態で吹くと、風船の様に膨らみ、破裂することが多いので、他の操作同様、ガラス管を吹く操作も炎の外で行う。

(5) ガラスは失透する

ガラスをバーナーで熱するとオレンジ色の炎が見られる。これはナトリウムの炎色反応である。このことはガラスを炎に入れるとゆっくりとではあるが、成分のアルカリ金属が逃げていることを示している。長時間アルカリ金属の追い出しを行うと結晶化しやすい組成となり、ガラスは部分的に結晶化し、白濁してくる。この状態を失透と呼ぶ。ガラスの失透した部分はもろく、機械的強度が落ちるので、細工を行う時は失透させない様にある程度手早く作業を進める必要がある。

<一般的注意>

- (1) ガラス細工を行う時は保護眼鏡を着用する。
- (2) ガラスの破片、焼けた材料を作業台に放置しないこと。
- (3) 廃材は所定の缶に、再利用可能なものと困難なものに分別して入れること。
- (4) 不必要に長いガラス管は使用しないこと（基本、ガラス管は使い倒す）。
- (5) 高温の炎からは目に有害な紫外線が放射されている。保護メガネは有害な紫外線のある程度カットしてくれるが過信はできない。図 1-1 にブンゼンバーナーの炎のスペクトル（空気を十分入れた時の青炎）と酸素炎の典型的なスペクトルを示す。特に酸素炎を扱う際には短時間で切り上げるか、溶接等に使用される専用のゴーグルをするのが望ましい。

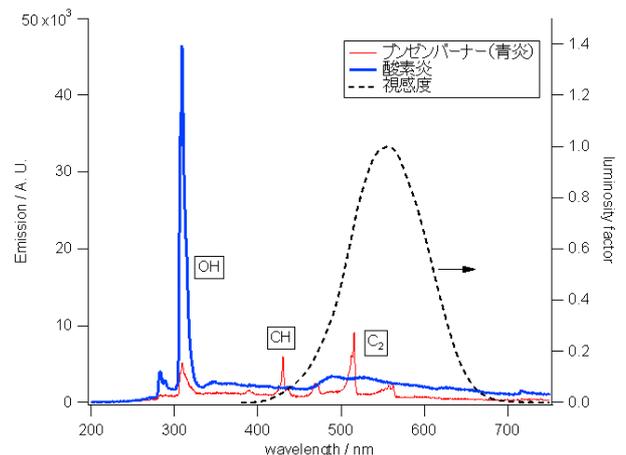


図 1-1 ブンゼンバーナーの炎（細い実線）と酸素炎（太い実線）のスペクトル。人間の視感度（破線）がほとんどない紫外領域の発光に注意。

【参考】 ガラス管（棒）を切断する二つの方法

ガラス棒の切断はよく出会う操作なので特に言及しておく。

- (1) 細い場合（直径 10 mm 程度まで）：ヤスリでガラス管（棒）に傷をつけた後、周りに人がいないかよく確認し、傷を向こう側にして、その左右を両手で持ち、引っ張る様にして折る（押しが 2 に引っ張りが 8 ぐらいの感じ）。直径が 1 mm 以下の細管の場合にはアンプルカッター（ハート形の砥石）を用いればよい。プリント基板の切断に用いられる PCB カッターを使う手もある。
- (2) 太い場合（直径 10 mm 程度以上）：ヤスリでガラス管（棒）に傷をつけた後、その傷の片端からわずかに離れたところに赤熱したガラスの小さい玉（焼き玉）を当ててヒビを作り、ヒビ

の端の方に順次焼き玉を当て、ヒビを伸ばして切断する。

いずれもガラスの切断面はヤスリがけするか、焼きなますかして鋭利な箇所をなくす。なおただ単に長いガラス管から短いガラス管を作るのであれば、加熱して引き伸ばし、焼き切ってもよい。

1-2 ポリエチレン細工

ポリエチレン (PE) には大きく低密度ポリエチレンと高密度ポリエチレン (水道管やバケツなどに使用される) の 2 種があり、実験で細工の対象になるのはもっぱら低密度ポリエチレンで、比較的加工しやすく、可塑剤等がほとんど含まれていないので汚染の心配が少なく使いやすい。低密度ポリエチレンの融点はおよそ 100 °C 程度で、ポリエチレン管を引き伸ばしたりするにはヒートガンを使うのが簡便である (バーナーを使うのを好む向きもあるがあまり薦めない)。またガラスと違って容易に切削加工が可能で、ナイフによる切断はもとより、直径数 mm の穴をあけたりするにはハンドドリルが使用できる。

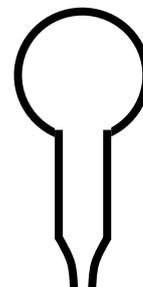
なおポリプロピレン (PP) はポリエチレンより融点が若干高く強度も大きいので、試薬ビンや電子レンジ用の食品容器などによく使用されている。ただし加熱して細工する立場からは、ポリエチレンよりかなり温度を高くしないと接合が難しいので注意が必要である (200 °C 程度)。また通常ビニルチューブとして用いられているものはポリ塩化ビニル (PVC) 製で、可塑剤を多く含み、また加熱を慎重にしないと分解する。

1-3 実習

(1) 攪拌棒 (外径 4 mm 程度で長さ 15~20 cm 程度。硬質ガラス) を作る。

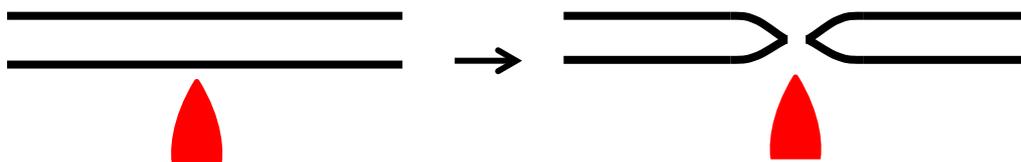
(2) 浮沈子: 直径 6 mm のガラス管 (並ガラス製の長さ 40 cm 程度のものが 2 人に 1 本ずつ用意してある) を使用し、一端を閉じ少し膨らませて右図のようなものを作る。浮沈子に水を入れ、水を満たしたメスシリンダーに入れて、水面に浮かんだ浮沈子がメスシリンダーの底まで沈むと浮かび上がってこない条件を見出しガラスの密度を評価する。

(3) ポリエチレン製のスポイトを引き伸ばして、パストゥールスポイト (ピペット) を作る。

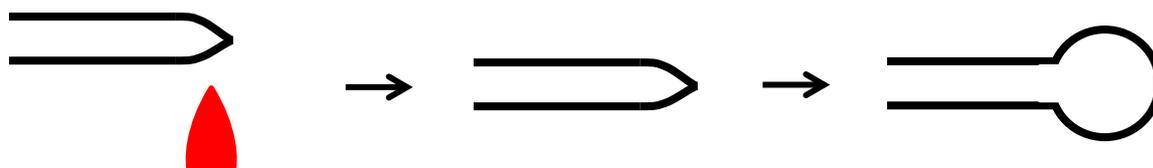


浮沈子の製作は下記のような手順によればよい:

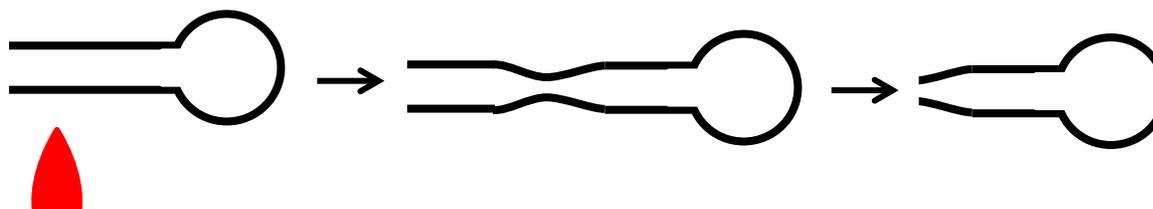
(イ) ガラス管の中央付近をバーナーで加熱し、十分柔らかくなったらバーナーの炎の中でゆっくり引き伸ばし焼切る。



(ロ) 各自で、できた一端が封じられた状態のガラス管の端を、バーナーで十分加熱し、炎から出して吹いて膨らます (あまり強く吹きすぎると破裂することがあるので注意)。



(ハ) 十分冷えて手で持てるようになったら、膨らましてできた球部から 5 cm 程度離れたところをバーナーで加熱し、引き伸ばして 2 mm 程度の太さにする。細くなった部分にアンプルカッターで傷を付けて折り、切り口を軽く焼きなます。



(ニ) 失敗したらまたガラス管の端を封じて、同様の操作を繰り返せばよい。

なおこれら以外に V 字棒やピペット置きなどを作っておくと便利である。

<浮沈子を用いたガラスの密度の評価>

空の浮沈子の重さを w_0 とし、この内部に水を満たした時、水は重さ w_f だけ入るものとする。さてこの空の浮沈子に水を重さ w だけ入れ、水を満たしたメスシリンダーに入れたとしよう。ガラスの密度を ρ_g 、水の密度を ρ_w 、浮沈子内部の空気の体積を V とすると、浮沈子が水面に浮かぶ一方、水深 h のメスシリンダーの底まで沈むと浮かび上がってこない状態が実現できた時、次の不等式が成り立つ（空気の密度は水やガラスに比して十分小さいと見なせる）：

$$\frac{w_f - w}{w_0} > 1 - \frac{\rho_w}{\rho_g} > \frac{w_f - w}{w_0} \frac{V_h}{V_0} \quad (1.1)$$

ここで V_h は水深 h における浮沈子内部の空気の体積である。大気圧はおおむね 10 m の水柱程度に匹敵するので、この時 V_h/V_0 はほぼ 0.99 程度と考えられる。水の密度はほぼ 1.00 g cm^{-3} であるから、各机に配置されている天びんで w_0 、 w_f 、そして沈むと浮かび上がってこれない状態での浮沈子内部の水の重さ w を 0.01 g 程度の精度ではかれば、1 % 程度の精度でガラスの密度が評価できる。

<参考書> (いずれも絶版)

飯田武夫著「ガラス細工法 — 基礎と応用 —」(広川書店)

高木貞恵著「化学者のための硝子細工法」(三共出版)

奥山典夫著「実験室におけるポリエチレン細工」(化学同人)