

実験 No.	4	テーマ	割れやすいガラスを強くしてみよう
実験指導担当	機能分子化学科 町田 信也		

1. 割れやすいガラスを強くする方法

「ガラス」は割れやすいものの代名詞であり、荷物を送るときでも丁寧に取り扱いてもらいたい品物の場合には、「ガラス」のマークの入った「取り扱い注意」のシールを貼ることが日常生活では普通になっています。けれども、ガラスは、本当に「弱い」ものでしょうか？ いったいガラスの「強さ」や「割れやすさ」なるものは、何に由来するのでしょうか？ このような疑問を持たれたことはないですか？

ガラスに限らず、巨視的な意味で物が割れたり、破壊されたりするときには、ミクロな意味で化学結合の切断が起きているはずで、でなければ、最初にくっついていないはずはないのですから。このような「割れる」という現象を化学的な目で見ると、次のような考えが浮かんできます。

ガラスは二酸化ケイ素 (SiO_2) に酸化ナトリウム (Na_2O) などのアルカリ酸化物や酸化カルシウム (CaO) などのアルカリ土類酸化物を添加した化学組成を持っています。これらの化学種は巨大分子を構成し、この巨大分子からガラスができあがっています。このようなガラスの構造を図1に示します。

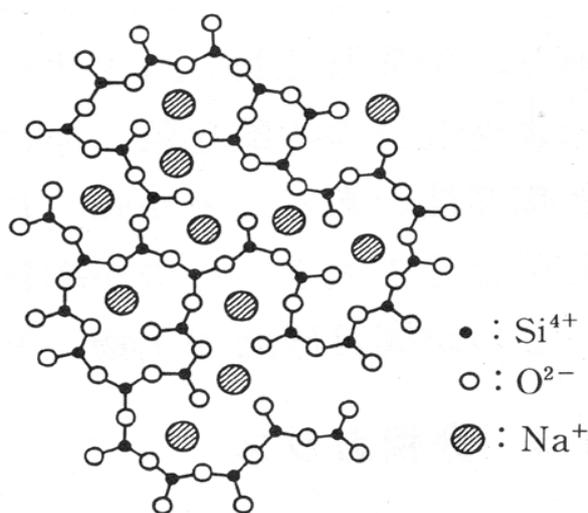


図1 $\text{Na}_2\text{O-SiO}_2$ 系ガラスの構造模式図

このような構造をもつガラスを、引っ張って、割ろうとする場合を考えましょう。ガラスを割るためには、単位面積あたりに存在する Si-O-Si の化学結合全てが切断される必要があるでしょう。しかし、Si-O-Si の化学結合エネルギーを考えた場合、この切断に必要なエネルギーはかなり大きな値となり、鉄鋼でできたピアノ線よりも、ガラスの方が強いという計算結果になります。これは明らかに日常生活で経験するガラスの強さではありません。それでは、どこかで間違えたのでしょうか？

しかし、計算結果には間違いはありません。実は、ガラスが割れてゆく時の機構に秘密があります。ガラスが割れてゆく瞬間を、たとえば高速度カメラで追いかけて、その機構を検討すると、次のようなことがわかります。すなわち、ガラスの表面にはほとんど目に見えないような“キズ”があり、ガラスに力をかけると、この“キズ”の部分から亀裂が生じ、この亀裂が進展して、ガラスは破壊に至ります。このミクロな“キズ”のことを「グリフィスのキズ」あるいは「マイクロクラック」と呼んでいます。

このような機構でガラスは破壊するので、この「グリフィスのキズ」をガラス表面から取り除いたり、あるいは「グリフィスのキズ」が進展しないような工夫をすることで、ガラスを強くすることができます。

ここでは、2つの方法、①ガラスの急冷（物理的手段）と②ガラスの表面改質（化学的手段）でガラスを強くすることを試みてみましょう。

2. 実験

① ガラスの急冷実験——「ラパート王子の涙」

- ・ 水を張ったバケツとガラス棒を用意します。
- ・ ガラス棒の先の部分をバーナーで加熱し、溶かします。
- ・ 十分にガラスが溶けたら、融液が自然に垂れ下がるようにして、バケツの水の中に落とします。(写真参照 ①、②)

このおたまじゃくしの様なガラス玉は、ハンマーでたたいても割れません。
おたまじゃくしの尾っぽの部分を手で折ると、頭の部分まで一瞬で粉々に破壊されます。



注意！！

- ・ ガラスの破断面は鋭いので、手などを切らないように十分注意しましょう。
- ・ 保護めがねを必ず着用して、目を守りましょう。
- ・ バーナーを使うときは、軍手を着用して、やけどをしないようにしましょう。
- ・ 実験を行うときは、周りにも十分に気をつけて、周囲の人に迷惑をかけないように。

① ガラスの表面改質の実験

- ・ 長さ5 cm程度にガラス棒を切断します。
- ・ 硝酸カリウムの固体試料を蒸発皿の上にあけ、ブンゼンバーナーで加熱して、溶融します。(硝酸カリウムの融点：339℃)
- ・ 長さ5 cm程度に切ったガラス棒を硝酸カリウム融液につけ、約40分処理します。
- ・ ガラス棒を取り出し、冷やします。
- ・ よく冷えたら、ガラスの表面に残っている硝酸カリウムを、水洗して、取り除きます。

表面改質したガラスも、強化されています。元のガラス棒と比べると2～3倍の強さを持っています。