

液体でつくるガラス ～無機重合反応を体験しよう～

クリスタル科学研究センター 米崎 功記

はじめに

・化学組成 SiO_2 の化合物

みなさんは“身のまわりにある化学組成 SiO_2 の物質”といわれて何を想像しますか？例えば“クォーツ(quartz)”。身近な言葉に置き換えると“水晶”がそれにあたります。他にもクリストバライトやトリジマイトなどいろいろな SiO_2 が存在することが知られています。ききなれない化合物ですが、身の周りには多くの SiO_2 があるんですよ！？同じ組成をもつにもかかわらず、別の物質（多形）として分類されている理由は結晶構造（原子の並び方）の違いにあります（図1）。

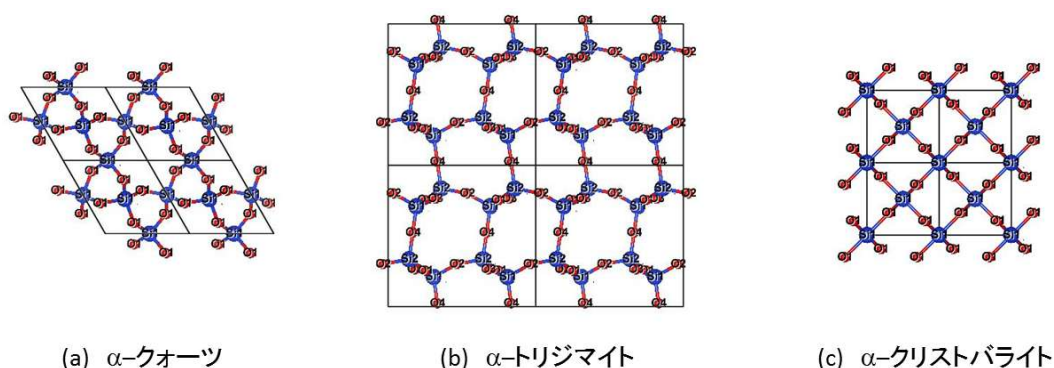


図1 化学組成 SiO_2 をもつ結晶の構造（黒線で描かれたフレームは単位格子）

この実験でみなさんにつくってもらうガラスも SiO_2 をベースとした化合物です。ガラスは特定の構造（原子の並び方）をもたないことから非晶質（“結晶に非ず”という意味。アモルファスともいう）に分類され、結晶とは区別されています。ガラスは非晶質であるがゆえに、固体であるにもかかわらず溶媒のようにふるまうことができます。ステンドグラスにさまざまな色がついているのも、ガラスの中にいろいろな金属イオンが溶け込んでいるからです。

・ガラスをつくる方法

ガラス製品は用途に応じた方法で製造されます。代表的なものを以下に示します。

固相法

炉でとかしたガラスの原料をパイプなどに巻き付け、息を吹き込んでコップや花瓶の形に成型している場面を見たことはありませんか？ あれが固相法と呼ばれる作製法です。固体原料を高温でとかし、かたまる前に成型した後、冷却することでガラス製品をつくる方法です。こうしてできたガラスには場所による冷却速度の違いから内部に歪みが残るため、もう一度熱を加えて除歪する（ひずみを取り除く）のが一般的です。

液相法

液体原料を混ぜ合わせることでガラスなどの非晶質材料をつくる方法です。原料が液体なので全体をムラ無く混ぜることが可能で、様々な形態を有する均一な材料をつくるができます。また高温加熱の必要が無いのも利点といえるでしょう。

気相法

原料ガスを容器内で高温加熱し、燃焼や溶融過程を経てガラスをつくります。複数の原料ガスのバランスをその都度調整することで、連続的に組成が変化したガラスを作製することも可能で、長距離通信用光ファイバーなどの製造に用いられています。

今回は液相法によるガラスづくりを体験し、液体原料を用いた材料合成の特徴や、作製条件がガラスに及ぼす影響を比較してみましょう。

・液相法によるガラス形成メカニズム

原材料としてケイ素アルコキシドの一種であるケイ酸テトラエチル(TetraEthyl OrthoSilicate 略して TEOS) を使用します。TEOS は単量体で図 2 に示す構造をもちます。TEOS に水を加えると、形式的に以下に示すような加水分解および重縮合反応がおこり、分子同士が 3 次元的に結合し固体となります。

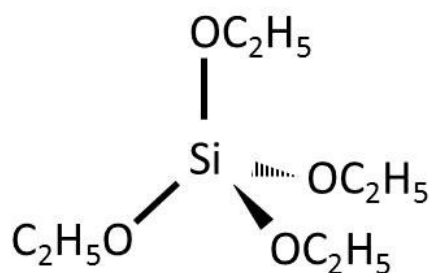
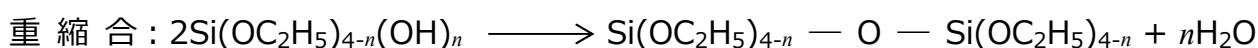
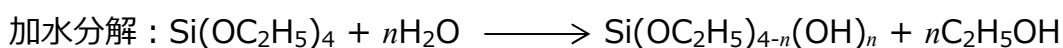


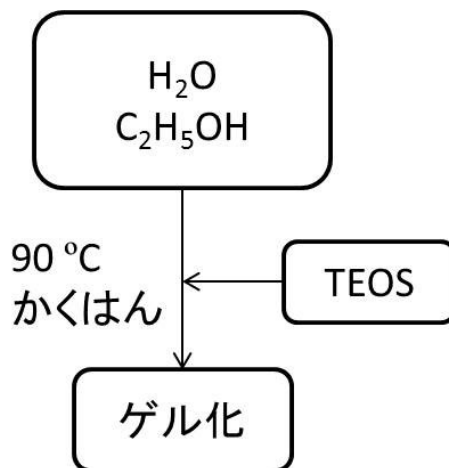
図 2 TEOS



実験方法

実験1 TEOS の水による加水分解、重縮合の観察

下のフローチャートに従って TEOS が加水分解、重縮合されるようすを観察しましょう。



実験2 酸・塩基触媒を用いた TEOS の加水分解、重縮合

2-1. 酸塩基指示薬と pH 指示薬の色の対応

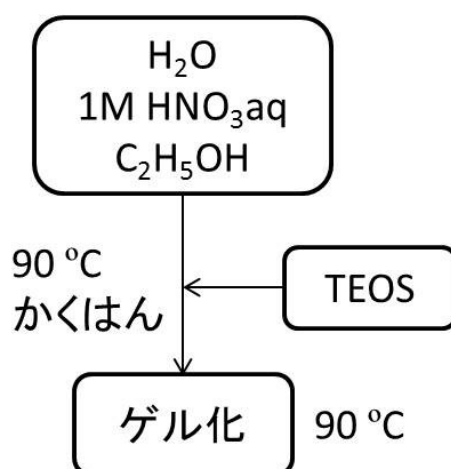
酸・塩基を触媒としたときの TEOS の重合反応を観察する前に、水溶液の pH をおまかに知るための酸塩基指示薬について学びます。指示薬として使用する硝酸コバルトをスパチュラ 1 さじ分、蒸留水に入れてみてください。その後、硝酸水溶液およびアンモニア水を入れると溶液の色はどうなりましたか？

2-2. 酸・塩基触媒を用いた TEOS の重合実験

2-1 の実験結果をふまえて、今度は次ページのフローチャートに従って酸・塩基触媒を入れたときの TEOS の加水分解、重縮合の様子を観察してみてください。どのような変化がございましたか？また、触媒を入れずに行った実験 1 の結果と比較してどうなりましたか？

今回合成した非晶質は厳密にはガラスではなく、シリカゲルとわれるものですが、これを熱処理することでガラスになることが知られています。

酸触媒下における TEOS の加水分解、重縮合実験



塩基触媒下における TEOS の加水分解、重縮合実験

