

## 3D 光造形技術による多様な形状を有する機能性透明シリカガラスの開発

講師:九州大学 大学院総合理工学研究院 グローバルイノベーション部門

先端機能材料学 教授 藤野 茂 氏

化学/繊維/金属部会 幹事

田代 博文

(金属・総合技術監理部門)



### 1. ガラスの歴史

ガラスが自然界で最初に発見されたのは、石器時代(紀元前 1 万年前)であり、黒曜石が武器や調理器具として利用された。これは、地下のマグマが噴出し、冷却され、固まってできたガラスである。火山地帯のある世界各地で産出される。

また、紀元前 3000 年~800 年(古代エジプト、メソポタミア)には、岩塩(NaCl)製造の際、焚火で加熱している時に溶融して流れ出た岩塩が、砂( $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ )と反応して川の水で冷やされ、偶然にガラスが形成できた。

古代エジプトにてシリカガラスを使用していた人物がツタンカーメン王(紀元前 1300 年頃)である。ツタンカーメン王の胸飾りにシリカガラスが使用されていたことが 1996 年のシリカガラス国際会議において報告された。シリカガラスは  $2600^\circ\text{C}$  の溶融温度が必要であり、古代エジプトで製造は不可能であった。これは、2850 万年前、巨大な隕石が地球に衝突した際に発生した強烈な熱で、隕石の一部や地上の岩石等の物質が融けて空中に吹き飛ばされ、ガラス成分が冷えて形成されたものである。

尚、古代ローマ(紀元前 500 年頃)で作製されたガラスは、現代のガラスとあまり成分の違いがないという驚くべき事実が確認されている。

日本においては、弥生中期(紀元前4~3世紀)に小さなガラスビーズが伝わった。7 世紀頃には官営工房で小さなガラス製品が作製され、飾具として使用された。16 世紀以降には、それまで作れなかった容器類のガラス作りが開始され、



写真-1 藤野教授を囲んで記念撮影(左より山岡、藤井、藤野教授、伊藤、田代、焼本、井上[敬称略])

1909 年には板ガラスの本格的な生産が始まった。

また、1900 年代には、ガラスがレンズ・真空管・電球・ファイバー等として使用され、基礎物理学の重要な発見と、工業的に大きな成果をもたらした。

### 2. ガラスの特性、用途

ガラスは原子配列が X 線的に不規則な網目構造であり結晶構造を持たず、ガラス転移温度  $T_g$  を有する。また、シリカガラスは  $\text{SiO}_2$  のみからなり、窓ガラス(ソーダライムガラス)は  $\text{SiO}_2$ - $\text{Na}_2\text{O}$ - $\text{CaO}$  を基本成分とする。 $\text{SiO}_2$ (シリカガラス)の溶融温度は高く、 $2600^\circ\text{C}$ 以上である。これに対して、窓ガラス(ソーダライムガラス)は溶融温度が約  $1300^\circ\text{C}$ である。また、シリカガラスは光の波長の広い範囲にわたって光透過率が高い特性を有している。さらにシリカガラスは耐薬品性(耐酸、耐アルカリ性)が高く、耐熱性、絶縁性が高い特性

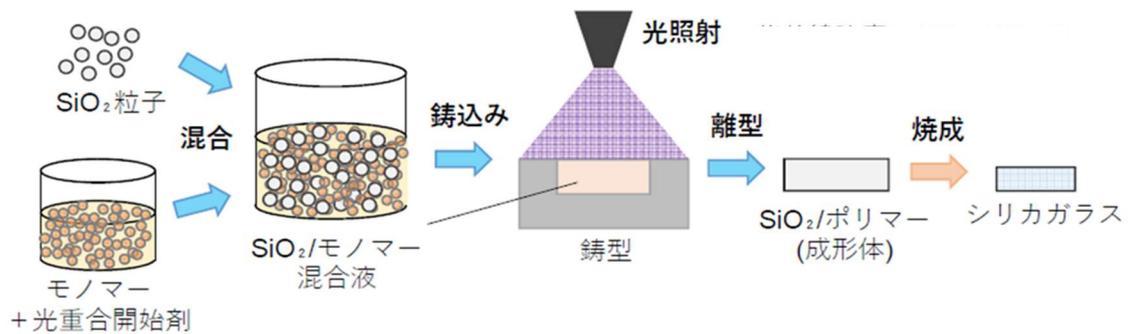


図-1 光硬化法を用いたシリカガラスの作製

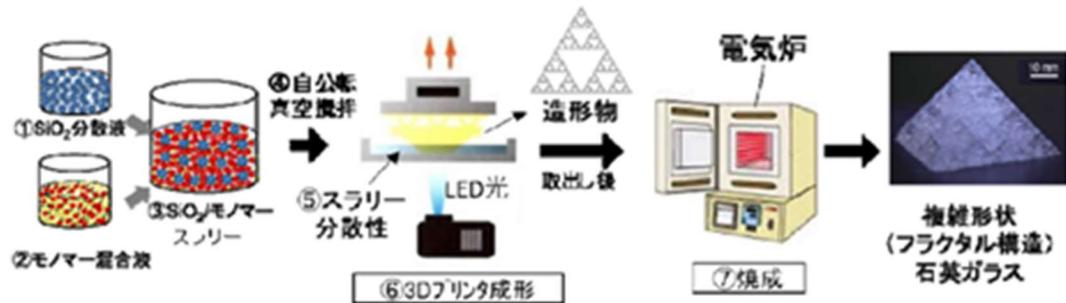


図-2 3D プリンタを用いたシリカガラスの作製

を有している。熱衝撃にも強い特性を持つ。これらの特性を有することから、シリカガラスは深紫外UVレンズ、光ファイバー、望遠鏡のレンズ、半導体製造用部材としても使用されている。

### 3. シリカガラスの製造方法

従来のシリカガラスの製造方法には火炎溶融法、電気溶融法、気相合成法等がある。何れの方法においても、高温、高エネルギー、あるいは真空プロセスが必要であり、高コスト・形状制御が困難である等の課題がある。具体的には

- ・溶融温度が 2600°C 以上であることから、高エネルギーが必要であり特殊な設備を要する。
- ・高温加工時には 2000°C 程度必要であり、特殊な加工設備が必要である。
- ・高硬度であり、加工に時間がかかる。

そこで、以下により上記解決を図っている。

### 4. シリカガラスの新しい製造方法

光硬化法を用いたシリカガラスの製造方法を模式的に示したものを図-1に示す。SiO<sub>2</sub> 粒子とモノマー+光重合開始剤を混合液とした後、鋳型に鋳込み、光を照射して固化し、離形した後に焼成してシリカガラスを作製する方法である。焼成温度は 1300°C 程度であり、従来の温度に比較し

て大幅に低い温度で作製でき、省エネルギー化が可能である。

複雑形状を有する透明シリカガラスの作製に3D 光造形技術の適用が進められている。図-2に3D プリンタを用いた光造形プロセスの模式図を示した。この手法を用いることによって、3D(3次元)複雑形状部品の製造を、鋳型を使用することなく、1600°C 程度の温度で焼成できることから、大幅なコスト低減に繋がっている。また、この手法は3D データを取り込むだけで従来の加工では不可能であった超微細かつ複雑な形状を容易に作りこむことが可能である。図-3に、3D プリンタで作製したシリカガラスを示した。

### 5. まとめ

シリカガラスは、種々の良好な特性を有しており、さらに3D プリンタの適用により安価で複雑形状の成形が可能となった。今後、新規用途への展開が期待される。

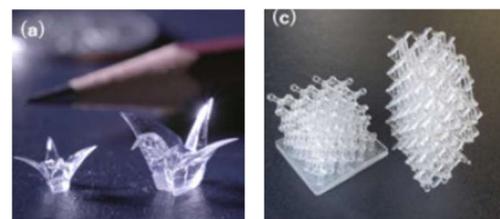


図-3 3D プリンタで作製したシリカガラス