

II-240

低屈折率のガラス粒子の作成

近畿大学理工学部 正 員 江藤剛治

近畿大学理工学部 正 員 竹原幸生

1. はじめに

水流による土砂輸送や土石流などのように流れと固体粒子が相互作用を及ぼす場の流速などの計測は現在非常に困難である。その理由として以下のことが上げられる。

- (1) 画像解析やレーザなどの光学系流速測定装置を利用する場合、実際の砂粒子や岩石は光を遮り測定がほとんど不可能である。ガラス粒子などの透明物質を用いる場合でも水と屈折率が違うため、もしデータが得られたとしても精度上かなりの誤差を含む。
- (2) 熱膜流速計などのセンサーを水中に挿入する方式の流速計では固体粒子がセンサー部に衝突し、センサーを破壊する。

本研究は上記の問題点を解決するため、水と屈折率の同じガラス粒子を作製することを目的としている。筆者らの文献調査¹⁾によれば、フッ化ベリリウム(BeF_2)は単体で容易にガラス化し、その屈折率は1.2747であることが分かった。これに他のフッ化物を加えればそのガラスの屈折率を1.333（水の屈折率）に合わせることができる。しかし、フッ化ベリリウムは強い毒性、吸水性があり、実際上水と屈折率の同じガラスを作製するのは困難である。現段階では、できる限り低屈折率のガラスを作製し、一方水に屈折率を上げる物質（例えばヨウ化カリウム等）を少量加えて、両者の屈折率を合わせる。

本報告では、低屈折率ガラスとして MCA ガラス ($20\text{MgF}_2 + 50\text{CaF}_2 + 30\text{AlF}_3$, 融点約 900°C , ガラス化点約 400°C)を用い、低屈折率のガラス粒子を作製する方法を検討した。

2. 実験装置および実験方法

試料を溶解するための電気炉を作製した。装置の概略を図-1に示す。炉としてはNCチューブ（内径35mm, 長さ600mm, 耐熱温度 1450°C ）を用いた。発熱体としては4本のシリコニット（長さ350mm）を用い、NCチューブに均等に加熱されるようにその周囲に設置した。NCチューブおよびシリコニットは耐熱ボードと耐熱レンガによって覆われている。

炉内の温度は熱電対（Pt, Rd線）を炉内に設置し、測定した。熱電対の出力を制御部（デジタル指示調節計, サイリスタ, 変流器）に入力することによってシリコニットを加熱制御し、自動的に設定温度になるように制御される。

るつぼは白金製のものを使用し、その中にあらかじめ混合したMCAガラスの試料を入れ、溶解する。白金るつぼの支持部は、溶解後速やかに炉から取り出せるように設計し、るつぼ台（金・白金・イリジウムの合金製）とNCチューブ（外径6mm）で作製した。

試料の溶解は、不純化合物を生じないように窒素ガス雰囲気中で行った。試料の溶解は 950°C で行った。

3. MCAガラス粒子の作成方法

実験に用いるためには、粒子状のガラスを作製しなければならない。MCAガラスを作製するには約 950°C

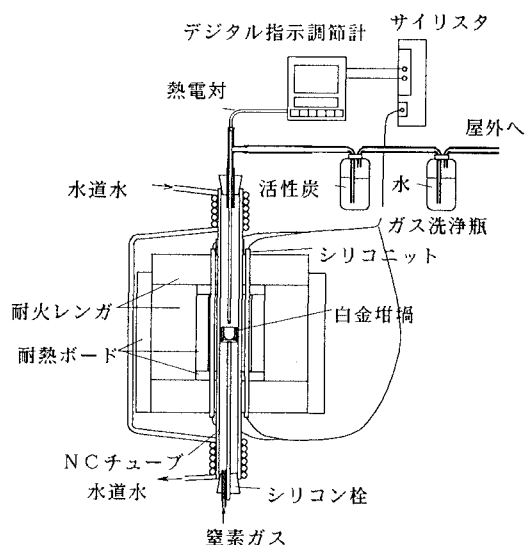


図-1 電気溶解炉の概略図

（熔融状態）から400℃（ガラス化点）以下に急冷する必要がある。一般にMCAガラスを作製するには溶解した試料を400℃に熱した鉄板ではさみ、試料を伸ばし400℃に急冷する。そのため、MCAガラスは厚さ1mm以下のものしか作れない。

今回、MCAガラス粒子を作るため、図-2に示すような装置を作った。原理的には溶解したMCAガラス材料をジェットとしてノズルから吹き出し、粒状にした後水の中に落とし急冷させる方法である。ノズル部はチタンおよびステンレス製である。

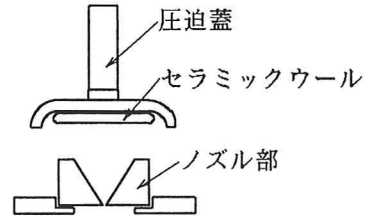


図-2 MCAガラス粒子作製装置の概略図

具体的な手順は以下の通りである。

ノズル部を予め約1000℃に熱しておく。溶解したMCAガラス材料をノズル部に流し込む。ジェットを形成させるため圧迫蓋の中に水を浸したセラミックウールを入れ、それをノズル部の上部に蓋をするように押し当てる。セラミックウールの中の水は一瞬にして水蒸気となり、ノズル部内のMCAガラス材料をノズルから吹き出す。吹き出したMCAガラス材料はノズル部の下方にセットされた水槽の中に落ち込む。

4. 今回作製したガラス粒子の特性

今回ノズル径2mm, 1mm, 0.5mmの3種類のノズル部を準備した。2mm, 1mmについては粒子状のガラスを作成することができなかった。0.5mmについては粒子状のMCAガラスを作成することができた。その写真を写真-1に示す。粒子径は0.5mm程度～1, 2mm程度であった。屈折率の測定は水中に作成したガラス粒子を浸し、ヨウ化カリウムを少量ずつ加えガラス粒子が見えなくなったときのヨウ化カリウム水溶液の屈折率をアッペ屈折率計で測定した。その屈折率は1.398であった。写真-2a, b)にMCAガラス粒子を通常の水道水に浸した場合と水道水にヨウ化カリウムを加えMCAガラス粒子と屈折率を合わせた場合の写真を示す。水槽の下には2mm間隔のメッシュを置いた。写真-2a)の中央部ではMCAガラスによりメッシュが屈折しているのがわかる。写真-2-b)ではMCAガラスによる屈折は起こっていない。

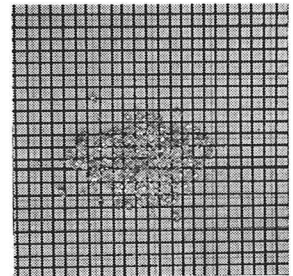
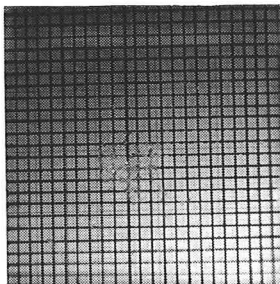


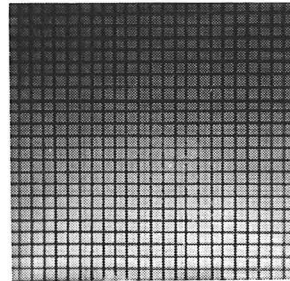
写真-1 MCAガラス粒子

5. 今後の課題

- (1)今回作製したMCAガラス粒子中には、ガラス粒子中に小さな気泡らしきものが形成される。
- (2)この方法では直径1mm以上の粒子を作ることは困難である。
- (3)フッ化リチウム(LiF)の単結晶は透明で屈折率1.39程度である。この場合は直径1cm程度の結晶を作ることができる。



a)水道水中
(屈折率1.333)



b)35.5%ヨウ化カリウム水溶液中
(屈折率1.398)

参考文献

写真-2 水中でのMCAガラス粒子

- 1)江藤・竹原, 屈折率が水と等しいガラス, 第47回土木学会年次学術講演会講演概要集, pp.160-161, 1992.