

# 最大泡圧法による 高粘性ガラス融体の密度測定

徳永博文\*

## 1. はじめに

ガラスの製造プロセスにおいてはCO<sub>2</sub>排出量削減のため更なる高効率化が求められており、そのためには熔融シミュレーションを用いて熔融窯内のガラス融体の対流状況を把握し、制御することでより短い時間で均質かつ泡の無いガラス融体を得ることが重要である。熔融シミュレーションにおけるガラス融体はその組成や成分ではなく粘度、密度、表面張力、熱伝導率、比熱等の物性値とその温度係数によって表現されており、シミュレーションに用いる物性値の誤差はシミュレーションの精度に直接影響する。そのため、各種物性値については少しでも正確な実測データが求められる。また、密度は熔融シミュレーション以外にも、熔融窯内のガラス融体の対流速度や温度分布、清澄工程における気泡の浮上速度、成形域におけるガラスの収縮挙動を把握するために必要な物性値であり、いずれの工程においても正確な実測データが必要とされる。しかしながら近年は液晶基板向けの無アルカリガラスやスマートフォン向けのカバーガラスなど、1600°Cで粘度が10<sup>1</sup> Pa·s以上となるような難溶解性のガラス開発が増加してきており、従来の測定手法では対応が困難になってきているのが現状である。そこで、高温・高粘性のガラス融体に対応可能な密度測定手法を検討した。

## 2. 高温高粘性ガラス融体に適した密度測定方法の検討

ガラス融体の密度測定法としてはアルキメデス二球法<sup>(1)</sup>や静滴法<sup>(2)</sup>などが知られている。図1に各温度および粘度域毎の密度測定手法を示す。ガラスは結晶と異なり融点を持たず、ガラス転移温度で10<sup>12</sup> Pa·sから液相温度付近で10<sup>-2</sup>~

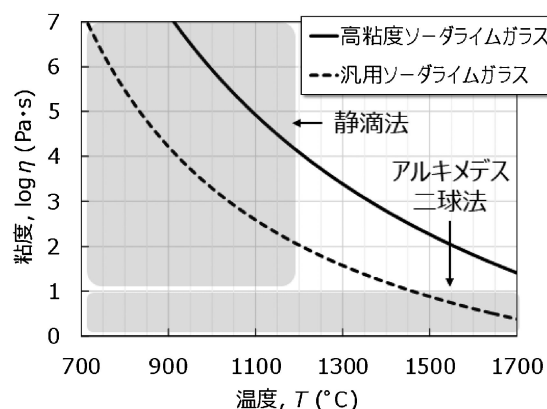


図1 ガラス融体の粘度域に応じた密度測定方法。

10<sup>2</sup>まで10<sup>14</sup>倍もの非常に広い範囲にわたり温度に対して連続的に粘度が変化するため、精度の良い測定を行うためには各粘度領域に適切な測定法を採用することが重要となる。アルキメデス二球法は密度が既知の白金球を融体中に浸漬し、その浮力から融体の密度を求める方法であるため逆アルキメデス法とも呼ばれ、主に粘度が10<sup>0</sup> Pa·s以下の領域に適した方法である。粘度が10<sup>0</sup> Pa·s以上の範囲になると白金球が融体の対流の影響を受けて浮力の測定値のバラつきが大きくなり、その結果として密度の測定誤差が大きくなるという問題がある。600~1000°Cの範囲においてはNaCl等の密度が既知の熔融塩中にガラス試料を入れた白金坩堝を浸漬し、その浮力からガラスの比重を求めるアルキメデス法も提案されている<sup>(3)</sup>。しかしながら1600°Cを超える高温域で安定した熔融塩を得ることは難しい。静滴法はカーボン等の基板上に溶かした融体の液滴形状から体積を求め、予め測定しておいた質量から密度を求める方法である。金属融体の密度測定

\* AGC 株式会社 材料融合研究所 無機材料部；主任研究員(〒221-8755 横浜市神奈川区羽沢町1150)  
Density Measurement of Highly-Viscous Glass Melts Using Maximum Bubble Pressure Method; Hirofumi Tokunaga (Inorganic Materials Division, Materials integration Laboratories, AGC Inc., Yokohama)  
Keywords: glass melt, density measurement, high viscosity, maximum bubble pressure, simulation  
2019年8月27日受理[doi:10.2320/materia.58.667]

