

# ガラス熔融炉底部温度推定のためのガラス流下の数値シミュレーション

## Numerical Simulation of Flowdown of Molten Glass for Estimation of Temperature at the Bottom of a Melter

小山 凌矢<sup>1</sup>, 千葉 康太郎<sup>1</sup>, \*本間 俊司<sup>1</sup>, 宮坂 郁<sup>2</sup>, 猪飼 泰史<sup>2</sup>

<sup>1</sup>埼玉大, <sup>2</sup>IHI

ガラス熔融炉底部の温度推定のためにノズルより流下する熔融ガラスの流動シミュレーションを実施した。熔融ガラスの粘度は温度の関数として与え流下ガラスの自由界面形状を数値的に求めた。炉底部の温度と流下ガラスの自由界面形状に相関があったことから、流下ガラスの自由界面形状が炉底部温度推定の手がかりとなることが示唆された。

**キーワード:** ガラス固化, ガラス熔融炉, 数値シミュレーション

**1. 緒言** ガラス固化体の製造に用いるガラス熔融炉の安全な運転において、熔融炉内の流動状態を把握する必要がある。しかしながら、高温かつ腐食性の高い環境での直接測定は困難である。そこで、もし流出口からのガラスの流下挙動から熔融炉内部の状態を予測できれば非常に便利である。本研究では、熔融ガラスの流下を数値的にシミュレーションし、炉底部の温度と流下挙動との関係を調査した。

**2. 方法** 計算領域は、一辺 5 cm の正方形の底面をもつ、高さ 30 cm の直方体である。この領域の上面に流下ノズルを模擬した外径 4 cm、内径 3 cm、高さ 10 cm の円管を配置した。時刻 0 において円管内に 1000 K の熔融ガラスを仮定した液体を満たし、円管上部から温度の異なる熔融ガラスを平均流速  $v_d$  で供給した。流れの支配方程式は、連続の式、Navier-Stokes 式、エネルギー方程式であり、粘度は温度の関数として与えた。それ以外の物性値は簡略化のため一定値を与えた。熔融ガラスの自由表面の移動は VOF 法で追跡した。解析には OpenFOAM のソルバー interFoam[1] を用いた。

**3. 結果・考察** 表 1 に円管上部から供給したガラスの温度とそれに対応する粘度を示す。粘度以外の物性値は 1300 K に相当する値を用いた。図 1 に Case 1~5 における熔融ガラス流下の様子を示す。温度が高くなるほど流下する液糸の径は小さくなり 1473 K より高い温度ではジェットから液滴へと分裂する現象も観察された。これは高温による粘度低下により表面張力の効果が優勢となり Plateau-Rayleigh 不安定性が顕在化したためである。このように、炉底部の温度変化によって熔融ガラスの流下状態が大きく異なることから、流下ガラスの自由界面形状が炉底部温度の推定の手がかりとなることが示唆された。

### 謝辞

本報告は、経済産業省資源エネルギー庁「令和 2 年度放射性廃棄物の減容化に向けたガラス固化技術の基盤研究事業」の成果の一部である。

### 参考文献

[1] 春日悠, 今野雅, OpenFOAM による熱移動と流れの数値解析, 森北出版 (2016).

Ryoya koyama<sup>1</sup>, Kotaro Chiba, \*Shunji Homma<sup>1</sup>, Iku Miyasaka<sup>2</sup> and Hiroshi Ikai<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Saitama Univ., <sup>2</sup>IHI.

表 1 熔融ガラスの供給温度と対応する粘度

Case	温度 $T$ [K]	粘度 $\mu_a$ [Pa s]
1	1273	13
2	1373	4.9
3	1473	2.4
4	1573	1.4
5	1673	0.94

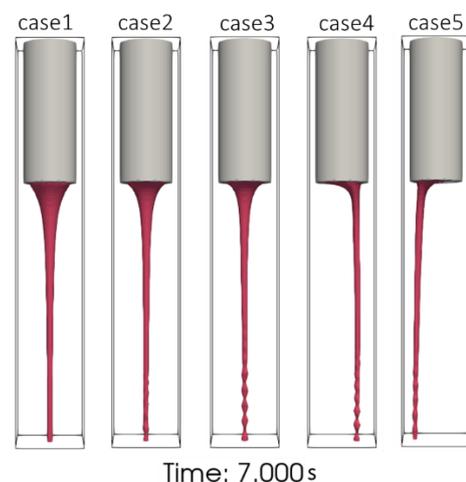


図 1 熔融ガラス流下の様子 ( $v_d=3.14 \times 10^{-2}$  m/s)