

## Goto (1997) の粘性係数計算法の再評価

## Re-examination of viscosity evaluation model by Goto (1997)

# 後藤 章夫 [1]

# Akio Goto[1]

[1] 東北大・東北アジア研セ

[1] CNEAS, Tohoku Univ.

マグマの粘性係数を温度や化学組成から求めるモデルは、半世紀近くも前からいくつも提案されている。このうちもっとも広く、かつ現在でもしばしば用いられる Shaw (1972) のモデルは、リキダス以上の高温では良い計算値を与えるものの、過冷却状態の低温域では値を低く見積もり、その差は温度の低下とともに大きくなる。これはモデルが、粘性係数の対数は絶対温度  $T$  の逆数に対して直線的に変化する (Arrhenius の関係) ことを仮定しているのに対し、実際にはそれが成立しないことによる。

Goto (1997) は Arrhenius の関係からのずれを表現でき、かつ理論的な説明が与えられている Williams-Landel-Ferry (WLF) 式

$$\log vis = \log vis_{T_g} + A(T - T_g)/(B + T - T_g)$$

$vis$ : 粘性係数;  $vis_{T_g}$ : ガラス転移温度での粘性係数;  $A, B$ : 定数;  $T_g$ : ガラス転移温度

を採用し、その中に含まれる 4 つのパラメータの組成依存性を決めることで、粘性係数の推定式とすることを試みた。玄武岩質安山岩から流紋岩に渡る 5 種類の火山岩でガラス転移温度と  $10^1$ - $10^{14}$  Pa s の範囲で粘性係数を測定し、 $vis_{T_g}$  と  $A$  が組成にほとんど依存しないことを示し、さらに  $B$  と  $T_g$  の組成依存性を、Shaw (1972) のモデルで Arrhenius の関係の勾配を与えるパラメータ  $S$  で定式化した。これらを用いて、文献に粘性係数測定値がある 5 種類の火山岩に対して化学組成から粘性係数を計算したところ、計算値と測定値は広い温度範囲に渡って良い一致を示した。その後さらに玄武岩と流紋岩を 1 種類ずつ実測し、WLF 式に対して最終的に

$$T_g = 48S^2 - 251S + 1248$$

$$\log vis_{T_g} = 12.8$$

$$A = 17.9$$

$$B = 26S^2 + 42S + 114$$

の関係を得た。しかしモデル構築に使われた試料の少なさと、比較できる文献データの不足からその有用性確認が不十分で、改良前のモデルが、国際会議の proceedings (Goto et al., 1997) と溶岩流シミュレーションの Hidaka et al. (2005) に掲載されている以外、これまで学術雑誌への公表はなかった。

近年、広い温度及び化学組成に渡る粘性係数の測定結果が多数報告され、上記モデルを再評価するに十分なデータが利用可能となった。またこれら文献データを基にして、粘性係数推定モデルが次々と提案されている。本研究では上記の改良モデル (Goto モデル) の有効性を検証するために、このモデルで計算された粘性係数を文献データ及び Giordano and Dingwell (2003) のモデル (G&W モデル) による計算結果と比較した。

比較に用いたのは 37 試料、608 測定値の文献データで、その化学組成はほとんどの火山岩種を網羅し、一部は鉄やアルカリ土類金属を含まない合成試料である。このうち 19 試料、314 測定値は G&D モデルを構築するのに用いられており、このモデルでよく再現されるのは自明のことと言える。

全てのデータを Goto および G&D モデルの計算値と比較したところ、両モデルとも、 $10^5$  Pa s 以下の低粘性では実測値をよく再現できている一方で、高粘性側は一致の程度がやや悪かった。二つのモデルの精度を比較するために、(計算値) - (測定値) の頻度分布を、G&D モデルの構築に使われていたデータと使われていないデータで、それぞれ低粘性側と高粘性側に分けて、標準偏差とともに求めた。その結果、G&D モデルの構築に用いられたデータに対しては、標準偏差がわずかに大きいものの、Goto モデルでも G&D モデルとほぼ遜色なく測定値を再現できていることがわかった。G&D モデルに使われなかった試料については、二つのモデルともに、むしろ使われた場合より良い計算値が得られた。標準偏差を比べると、低温では G&D モデルに使われた試料の場合と比べて二つのモデルの差が縮まり、さらに高温では Goto モデルのほうがわずかながら小さい。Goto モデルは構築に用いられた試料の少なさがひとつの問題だったが、わずか 7 試料の測定から求められたパラメータで、広い温度・組成域で G&D モデルに遜色なく粘性係数を求められると確認されたのは注目に値する。これは Shaw (1972) の  $S$  が粘性係数に対する化学組成の寄与を適切に表現していることと、WLF が理論的裏付けをもつことに起因すると考えられ、Goto モデルが多くの火山岩に対して普遍的に適用できることを支持する。