

アプリケーションノート:ニュートン流体および非ニュートン流体の粘度測定

アプリケーション

ニュートン流体および非ニュートン流体の粘度測定への VROC™ の適用。

試験条件

- 試験サンプル：グリセロール（99.5%）、イソプロピルアルコール、脱イオン水、2-ブタノン、キサンタンガム水溶液（0.5wt.%）、および塩化セチルピリジウム/サリチル酸ソーダ 100/50 mM（3.2 / 0.76 wt%）の 100 mM 塩化ナトリウム溶液（0.56 wt%）。
- VROC™：B1 タイプ
- チップのフルスケール圧力：35k Pa
- フローチャンネル奥行き：98.7 mm
- 温度:周囲温度条件 22.4~22.8℃

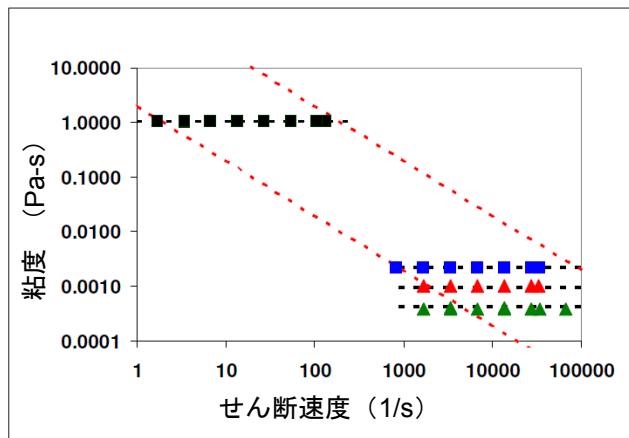
測定手順

- 1) サンプルをシリンジに充填し、それをシリンジポンプにマウントします。
- 2) VSS_RateSweep プログラムを使用して、粘度をせん断速度（流速）の関数として測定します。非ニュートン流体の場合は、真の粘度を算出するために Weissenberg-Rabinowitsch 補正を適用します。
- 3) 1 回の試験が終了したならば、適当な溶媒で流路を洗浄してから手順 1) を繰り返します。

ニュートン流体

ニュートン流体の粘度はせん断速度（流速）によらず一定です。粘度が変化しないという特性を利用して、VROC™ をチップのフルスケール上限値、あるいはその近傍で使用することができます。このような領域を使用することで測定精度を最大限に引き出すことができます。

VROC™ の指示値が精確であることから、ニュートン流体の粘度を 0.2 cP（センチポアズ）という低いレベルまで測定することができます。右側上端に示すグラフは、各種被試験流体の実測粘度をせん断速度に対してプロットしたものです。



シンボル	サンプルの説明
■	グリセロール 99.5% ACS
■	イロプロピルアルコール
▲	脱イオン水
▲	2-ブタノン
-----	使用したチップの上/下測定限界
-----	各流体の基準値 (CRC ハンドブックより引用)

予測されたとおり、それぞれのニュートン流体を VROC™ で測定して得られた粘度値は、せん断速度に依存しません。

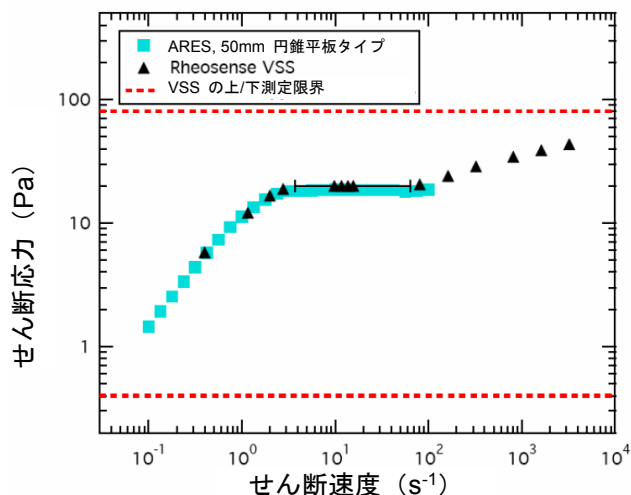
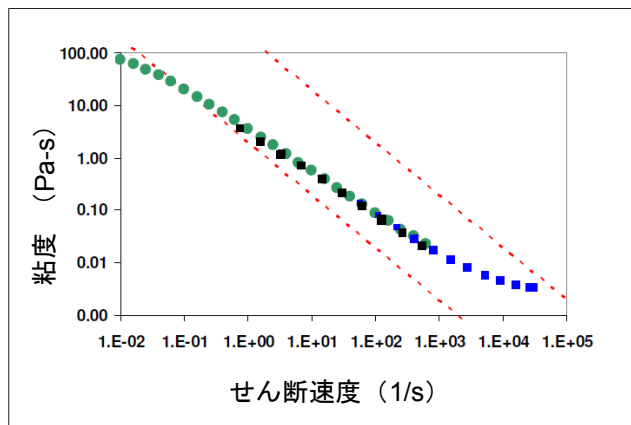
非ニュートン流体

ニュートン流体とは異なり、非ニュートン流体の粘度は、せん断速度に依存して変化します。商用グレードの Keltrol キサンタンガム（Cp Kelco 製）を非ニュートン流体のモデルとして試験に供しました。この液体は高度の弾性とせん断減粘性（せん断速度の増加に伴って粘度が減少する性質。次のグラフ参照）を持つことで知られています。

VROC™

オンチップ粘度計/レオメータ

ニュートン流体および非ニュートン流体の粘度測定に適した MEMS デバイス



シンボル	説明
●	レオメータによるデータ (サプライヤ提供)
■	VROC™ データ (100 μ l シリンジ使用)
■	VROC™ データ (5ml シリンジ使用)
---	使用したチップの上/下測定限界

容積 100 μ l のシリンジを使用して VROC™ で測定した粘度は、低いせん断速度領域ではサプライヤが提供した値とよく一致していました。さらに、VROC™ に容量 5ml のシリンジをマウントして使用すれば、レオメータでは対応できない速いせん断速度領域の測定も可能です。マクロサイズのレオメータでは、せん断速度を上昇させると流れが不安定になり始めるため、速いせん断速度領域での測定ができません (参考文献 1)。VROC™ のように流れ自体のスケールが非常に小さいシステムならば、より広い範囲で乱流発生を抑えることが可能になります。

非ニュートン流体 - より複雑な液体

非ニュートン流体はしばしば非常に複雑な挙動を示すため、その特性を明らかにするには高度なレオメータを、細心の注意を払って操作しなければなりません。しかし、VROC™ ならば、たとえば塩化セチルピリジウム/サリチル酸ソーダ 100/50mM (3.2/0.76 wt%) の 100ml NaCl 溶液 (0.56 wt%) のような液体の極めて複雑な挙動であっても調べることができます (参考文献 2)。この液体は、せん断応力-せん断速度曲線において通常は見られないプラトー (右上の図参照) を示しますが、VROC™ で取得したデータはこの特性を明瞭に捉えています。

Ref. 1: Macosko, *C. Rheology: Principles, Measurements and Applications*. Wiley/VCH, Poughkeepsie, NY, 1994.

Ref. 2: C. Pipe, N.J. Kim, and McKinley, G. *Microfluidic Rheometry on a Chip*. 4th AERC, April 12-14, 2007, Italy, April 2007.

