

ディスク EMS 法の極小トルクモードを用いた 低粘度流動の非線形効果の直接観察

Experimental determination of nonlinear coefficient in low-viscous fluids using disc-type EMS

東大生研 ○ 平野 太一, 酒井 啓司

Inst. Indust. Sci., Univ. of Tokyo ○ Taichi HIRANO, Keiji SAKAI

E-mail: hirano22@iis.u-tokyo.ac.jp

試料液面に浮かせた円盤状の回転子に電磁相互作用を用いて非接触にトルクを印加し、回転子の回転速度から試料液体の粘度を測定する手法、ディスク EMS 法は、一般的な回転型粘度計において測定誤差の主要因になる機械摩擦がゼロであるという特長を有しており、極めて小さいトルク下での測定も安定して行えるため、水程度の低粘度領域 (~1 mPa·s) でも高精度の計測が可能となる。

現在、日本における粘度計測の一次標準は 20 °C、標準大気圧における蒸留水の粘度であり、これを精度良く測ることができる手法は細管式粘度計のみである。しかし、細管式粘度計は必ず速度依存性の評価や粘弾性測定には不向きであり、幅広い粘度測定のニーズを満たすことはできない。一方、汎用性の高さで知られる従来の回転型粘度計は、1 mPa·s 程度の液体を測定する場合、概ね 1 割、高性能なものでも数%の誤差があり、蒸留水を粘度校正用の標準液体として使用することができず、校正值付きの粘度標準液を二次的に用いる必要が有る。

この主な原因は、試料液体に触れた円盤や円筒を回転させてトルクを印加する機構、あるいは液体を介して伝わるトルクを検出する機構で発生する機械摩擦であり、この値が測定可能な低トルク側の有効値を制限している。回転粘度計で印加あるいは検出すべきトルク T_R の表式は、液体の粘度を η 、回転部の角速度を ω とおくと

$$T_R \propto \eta \omega$$

と書くことができる。この表式を一見すると、低粘度液体 (η 小) でも高速回転 (ω 大) させばトル

クが増大し、容易に測定できることが予想される。ところが、そのような状況下では必然的にレイノルズ数が増大 ($Re > 10$) するため、回転速度とトルクの線形関係が保たれなくなり、粘度値を単純に算出することが困難となる。

我々は、動作原理的に低粘度測定に適しているディスク EMS 法に改良を加え、低トルク測定性能の飛躍的な向上を実現した。この極小トルクモードを用いて蒸留水を測定した結果、1%を下回る誤差で評価可能であることが分かった。講演では、高精度測定の結果、温度依存性のデータなどをまとめて報告する。また、高精度測定によって実験的に明らかになった、見かけの粘度とレイノルズ数との関係性についても、Navier-Stokes 方程式から導かれる非線形補正項と比較をしながら、詳細に議論する。

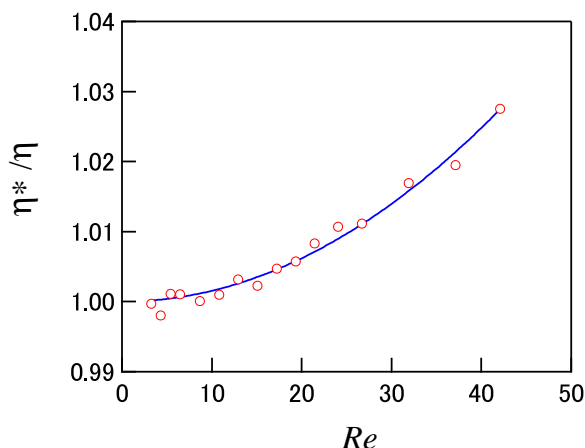


Fig. 1 Relation between the experimentally obtained apparent viscosity η^* and the Reynolds number. The fitted line represents a parabolic function.