

血液のレオロジー特性の測定

1. 緒言

血液は全身の細胞に酸素や栄養を運ぶ液体である。血液を構成する成分は赤血球、白血球、血小板などの血球成分と血漿であり、その中でも赤血球と血漿が血液のほとんどを占めている。血漿は血漿タンパク質の種類と濃度に依存したニュートン流体と考えられているが、全血は必ず速度に依存した非ニュートン流体である⁽¹⁾。

医療分野には血流に関する血液のレオロジー特性の基礎データ収集が重要である。また、将来体内に埋め込む人口血管やマイクロマシンなどの開発にはレオロジーの基礎データを元に機器の設計を行う必要がある。本研究では血液の基礎データを収集することを目的として、プレート間のギャップ変化における粘度の測定、動的粘弾性測定の実験を行う。

2. 実験装置および方法

本研究では試料に抗凝固処理を施したヒトの血液に近いヒツジの血液を使用し実験を行う。プレート間ギャップ変化における粘度の測定および動的粘弾性測定は回転粘度計を使用する。温度を一定にするため、0.05°C単位で温度調節可能なサーキュレータを用いた。図1に実験装置の概略を示す。上下のプレートの間に試料を充填させ、下部プレートを回転または振動させることにより必ず速度を発生させる。そのとき上部プレートに加わる回転トルクをセンサにより読み取る。ギャップ変化における粘度の測定には上部プレートに平行プレート R=25mm を使用する。動的粘弾性の測定ではコーン半径 R=25mm、コーン角 $\alpha=0.0404\text{rad}$ のコーンプレートを使用する。なお実験において、時間経過から鮮度による測定値の誤差が考えられるため血液は一回一回入れ替える。

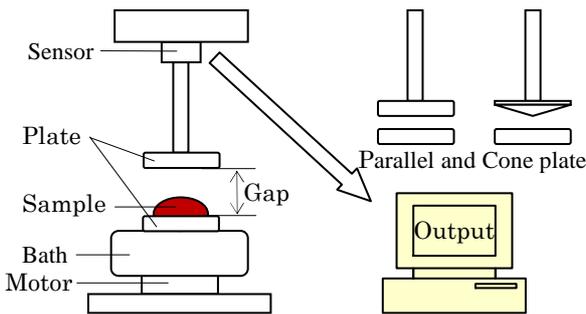


図1 実験装置の概略図

ギャップ変化における粘度の測定方法は 37°C に温度設定されたプレートとの間に血液を充填させ、0.05mm, 0.1mm, 0.3mm, 0.5mm, 0.1mm のギャップでそれぞれ 5 回ずつ測定を行う。

血液の動的粘弾性の測定では測定時の温度は 37°C、コーンプレート先端と下部プレート間のギャップ 0.02mm、ひずみ量を一定とし、角速度を 0.01-100rad/s の範囲内で等間隔に変化させて、歪量は 20% で貯蔵弾性率 G' (弾性的性質) と損失弾性率 G'' (粘性的性質) を測定する。

3. 実験結果および考察

ギャップ変化における粘度の測定結果を図2に示す。高ずり速度領域ではギャップに関係なく粘度が収束しニュートン性を示した。低ずり速度領域ではギャップが小さくなるにつれて粘度が高くなる傾向が見られた。ギャップによって粘度に差が出るのは血液の成分である赤血球が影響しているのではないかと考えられる。プレート間に充填された血液の中に赤血球どうしが重なり棒状の凝集体を作る連鎖が存在している可能性がある。

図4は歪量における G' 、 G'' の測定したデータから、周波数における G' と G'' の割合を図4に示した。図4の図は分母を G' にすることにより基準値 1 を上回れば弾性的性質が支配的であることを示し、下回れば粘性的性質が支配的であるということになる。周波数が低ければ弾性的性質を示していることがこのグラフで見られた。また高い周波数領域では粘性的性質を示した。

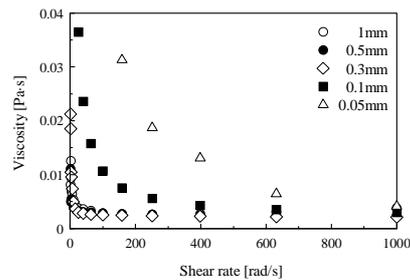


図2 ギャップ変化における粘度測定

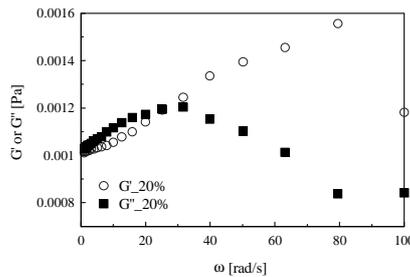


図3 動的粘弾性の測定

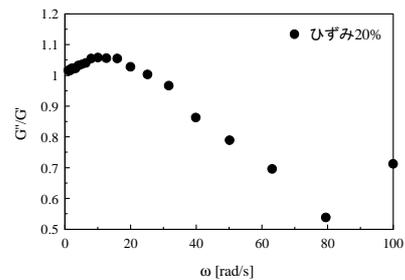


図4 貯蔵弾性率 G' と損失弾性率 G'' の割合

参考文献

(1) 菅原基晃・前田信治, 血液のレオロジーと血流, コロナ社