

平行平板間を流れる電気粘性流体

名大、工 田村 一、土井正男

コロイド溶液の中には、外部電場を加えると著しく粘性が大きくなる（ER効果）という性質を持つ物が存在する。この性質を持つ流体は電気粘性流体（Electro-Rheological fluid）と呼ばれている。ERFは電氣的にその粘性を制御できる特徴を生かしてバルブ等への応用が期待されている [1]。

現在知られている多くのERFは、直径約 $10\mu\text{m}$ 程度の電氣的に中性な粒子を絶縁性の溶媒に分散させた系である。この様な系に外部電場を加えると、誘電率の違いにより誘起された双極子間の相互作用により、粒子が鎖状の凝集体を形成し、ER効果が発生すると考えられている。したがってER効果の発生について考える時、凝集体の構造とER効果の関連を知ることが必要である。このような観点から計算機を用いて粒子の運動方程式を解き、ER効果を微視的に研究している。

現在、平行平板間を流れるERFの性質について研究中である。平行平板の間をニュートン流体が流れるとその速度分布は方物形となるが、ERFの速度分布は方物形とはならない。速度分布を求めるには、粒子の運動方程式を流体の運動方程式と連立させて解く必要がある。この研究では、ERFを顕微鏡観察するのに用いているセルを2次元にしてコンピューターシミュレーションをして速度分布を求めてみた。このセルでは図1に示すように平行平板に電極が取り付けられ、両端に圧力差がかけられる。このときの粒子の運動と、流れ場を同時に求めた。計算の結果の例を図2に示す。粒子の速度は平板の中央でほぼ一定となるピングラム流体的になることが示された。

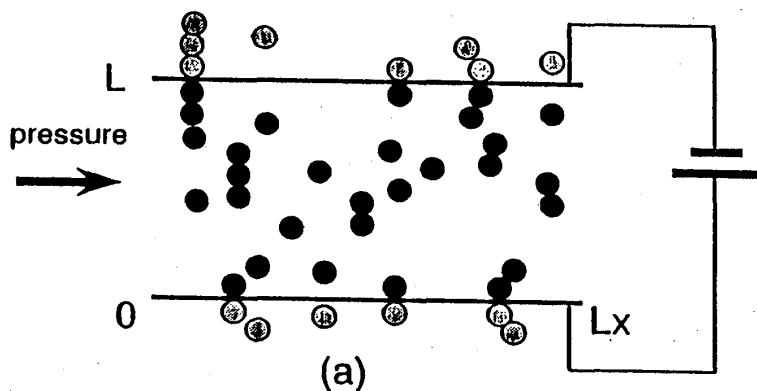


Fig.1 (a) Flow of an ERF between parallel electrodes. The filled circles are dielectric particles and the shaded particles denote their mirror images with respect to the electrodes.

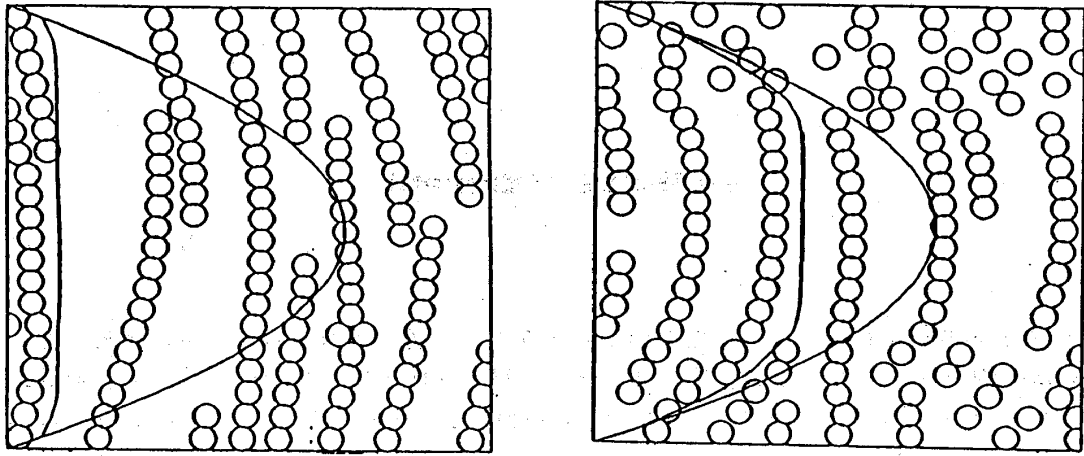


Fig.2 Diagram showing the results of a simulation (a) at $\tau_R^* = 0.09$ and (b) at $\tau_R^* = 0.17$.

また、圧力差と流量（平均流速）の関係を図3に示す。図3において 実線はビンガム流体の場合であるが、 τ_R （圧力差）が小さい所では明らかにあわない。これはビンガム流体モデルは 一成分で出来ている流体であるのに対し、ERF は粒子と溶媒の二成分流体であるからだと考えられる。

τ_R が 小さい所では、適当にモデル化 [2] して 解析的にとくことができその結果が点線で示されている。

Bossis 等 [3] はこれとよく似た系で実験を行っていてその結果を図4にしめす。この系は平行平板ではなくチューブを用いているが、定性的にはシミュレーションとよくあっている。

ERF をバルブに用いる場合、比較的弱い流れの時のことが問題となる。従って 応用を考えるとときには二成分流体としての扱いをすることが必要である。

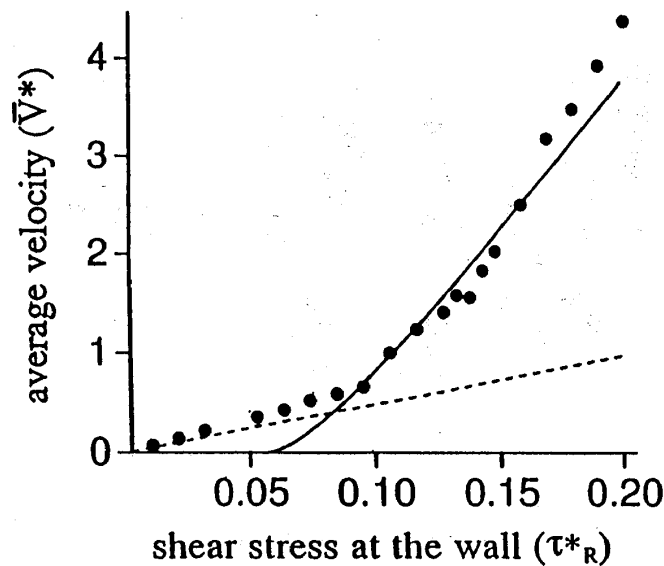


Fig.3 Graph showing the τ_R dependence of \bar{V}^* in a narrow slit. The dots are the result obtained from simulation, the dashed line is that of the pearl necklace model and the solid line is that from the Bingham model.

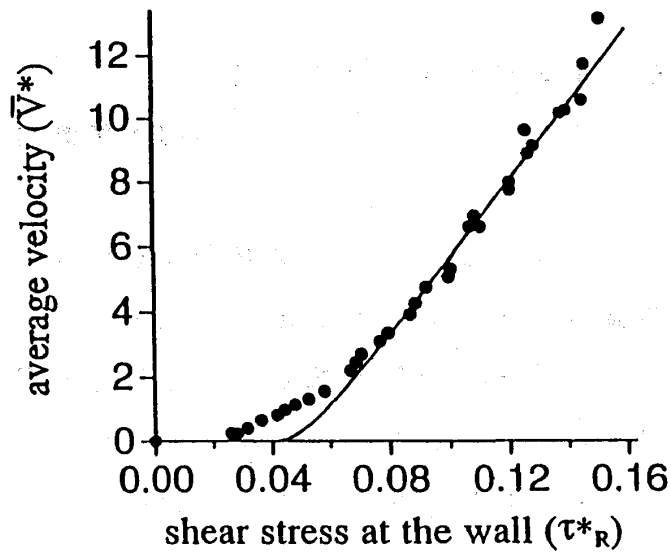


Fig.4 Graph showing the τ_R dependence of \bar{V}^* in a circular tube. The dots correspond to the results from experiment [1] and the line corresponds to the Bingham model.

参考文献

- [1]D.L.Hartsock, R.F.Novak, and G.J.Chaundy: J.Rheo.35(1991) 1305. [2]H.tamura and M.doi, submitted to J.Rheol.1992 [3]G.Bossis, C.Mathis, Z.Mimouni and C.Paparoditis: Eu-rophysics Letters.11(1990)133.