

10 T の横磁場下における反磁性分子液体の粘性率変化

(学習院大理) 山本俊介、仲山英之、石井菊次郎

科学と技術の幅広い領域において、磁場が物質に与える影響は人々に関心を持たせる。我々の生活に欠かすことのできない水に対する磁場効果は、たとえそれが小さくても重要である。以前、我々は、磁場による純水の粘性率変化を NaCl 水溶液のそれらと比較した。その結果、磁場による純水の粘性率の相対的变化は、 10^{-4} 以下とかなり小さいことがわかった [1]。今回は、液体中の分子配向秩序形成に興味をもつ立場から、さまざまな有機液体の粘性率を磁場中で測定した。

図 1 に測定装置の概略を示す。超伝導マグネット (JASTEC, 10T100) とガラス製の粘度計を用い、試料に対する磁気力の効果と温度変動の影響を慎重に考慮して、粘性率を測定した。超伝導マグネットの直径 100 mm のボア内にはアルミ製水槽を設置し、恒温槽 (HAAKE、DC50-K35) を用いて温度コントロールした水をこの水槽内に循環させた。粘度計は毛細管部 (内径 0.2mm、長さ 20 mm) が磁場中心に位置するように水槽内に吊るした。

磁場中での粘性率測定において重要になるのは、磁気力の効果である。2ヶ所の液面領域での磁場強度の差が大きいと、重力ポテンシャルの差の他に磁気力によるポテンシャルの差が重なり、粘性率測定に影響を与える。磁気力によるポテンシャルの差を無視できるように、全長 800 mm の粘度計は、試料の液面が磁場中心からそれぞれ 500、600 mm 離れるように設計した。

粘性率測定は、粘度計内の試料が重力下で A-B 間を降下するのに要する流下時間 τ を粘度計の A 点と B 점에装着した光ファイバーを用いた光学系により試料液面の動きを検出することにより行った。液体試料の流下時間 τ は、1000 ~ 3000 秒であり、これを 0.1 秒の精度で測定した。

試料の温度揺らぎは、白金抵抗温度センサー (Lake Shore、PT-111) を毛細管に固定して、Lab VIEW を用いて PC に記録した。温度揺らぎは、短時間でみると ± 0.02 K 程度あるが、長時間でみると液面降下するまでの間の平均温度は、0.01 K 以内におさまる。

測定に用いた全ての試料は、0.22 μm のフィルター (Millipore、GVHP 04700 または、GVWP 04700) によりろ過した。ひとつの化合物の測定には、独立に採取した 3 つの試料を

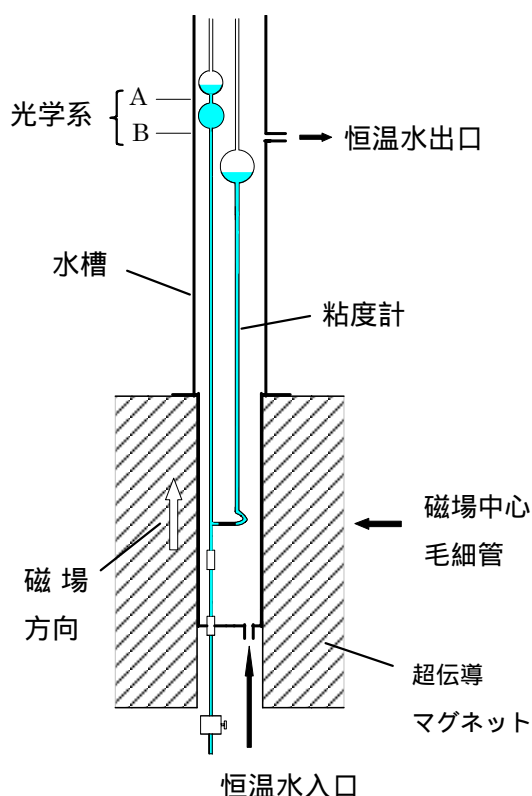


図 1 磁場下における粘性率測定装置

用いた。

図2は、エタノールの流下時間 τ を 0 T および 10 T の磁場のもとで交互に繰り返し測定した結果である。横軸は、流下時間測定番号である。縦軸は、流下時間 τ と各流下時間測定中の平均温度 T である。 τ は磁場がかかることにより約 2 秒長くなる。一方、白金抵抗温度計で測定した温度は磁場がかかることにより見掛け上 0.08 K 上昇した。しかし、この温度変化は純水の流下時間の測定結果から、白金の抵抗が強磁場の影響で変化したことによる見かけの温度上昇であると考えられる [1]。また、 τ が測定回数とともに徐々に短くなる傾向を示しているのは、全測定の間 (約 13 時間) に試料温度が 0.03 K 上昇したためであると考えられる。

我々は、10 T の磁場をかけたときの流下時間 τ_{10T} と前後の 0 T での流下時間の平均値 $\bar{\tau}_{0T}$ の差を $\bar{\tau}_{0T}$ で規格化した相対的変化の平均値 ξ を (1) 式より求めた。

$$\xi = \left\{ \frac{1}{N} \sum \frac{(\tau_{10T} - \bar{\tau}_{0T})}{\bar{\tau}_{0T}} \right\} \quad (1)$$

N は 10 T の磁場による測定回数である。

(1) 式より純水の粘性率相対的変化は、 -0.2×10^{-4} であることがわかった [1]。本研究では、純水以外にアルコール、ベンゼン置換体、直鎖のハイドロカーボンに興味の対象に合計 8 種類の有機液体の磁場下での粘性率測定を行った。それらの予備的結果を表 1 に示す。

その結果は純水の ξ よりも約 10 倍以上大きい。中でもエタノールは最も大きな変化を示した。メタノールの ξ は、エタノールと純水の間値をとる。これらの磁場効果の大小は液体中の秩序形成の程度と関係していると考えられるが、現時点においては分子構造や分子の大きさなどの明確な相関は見出されていない。

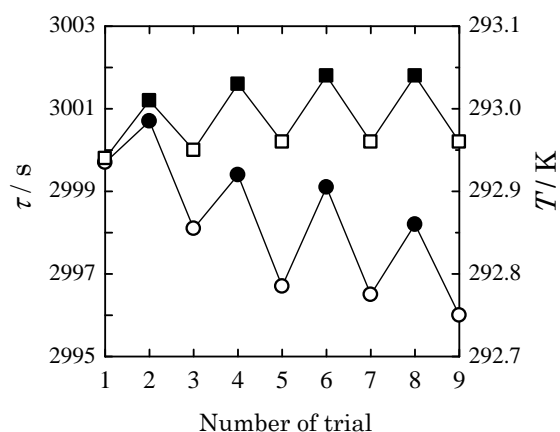


図2 エタノールの流下時間 τ と液面降下間の平均温度 T . \square : τ_{0T} , \bullet : τ_{10T} , \square : T_{0T} , \bullet : T_{10T} .

表1 10 T の磁場による粘性率の相対的変化 ξ

化合物	$\xi / 10^{-4}$
Water	-0.2 ± 1.2
Methanol	4.3 ± 1.6
Ethanol	6.9 ± 1.0
Hexane	4.6 ± 0.5
Octane	2.9 ± 0.7
Decane	4.8 ± 1.6
Benzene	3.7 ± 0.5
Chlorobenzene	2.4 ± 0.9
Nitrobenzene	5.9 ± 1.6

* 誤差は標準偏差