

ナノ粒子分散系エレクトロレオロジー流体の誘電特性

(京工繊大・院工) ○田中克史, 上野恭輔, 林 欣, 川口将宏, 高崎 緑, 小林治樹

[緒言]

ナノ粒子分散系は、電場の印加・除去によって見かけの粘度が可逆的に増加・回復する、エレクトロレオロジー (ER) 効果を示す。電場下の応力は、分散粒子と分散媒との電気的性質の差に依存すると考えられており、式 1 で定義される Mason number (M_n) との関係が検討されている[1, 2]。

$$M_n = \eta_c \dot{\gamma} / 2\epsilon_c \epsilon_0 (\beta E)^2 \quad (1)$$

ここで、 η_c は分散媒粘度、 $\dot{\gamma}$ はせん断速度、 $\beta = (\epsilon_p - \epsilon_c) / (\epsilon_p + 2\epsilon_c)$ 、 E は電場強度であり、 ϵ_p は分散粒子の比誘電率、 ϵ_c は分散媒の比誘電率、 ϵ_0 は真空の誘電率である。正弦波電場印加の場合、 β の算出には比誘電率が用いられている。本研究では、変性シリコンオイル、及び、ナノ粒子分散系 ER 流体の正弦波電場における、無変形、及び、せん断下での誘電特性について評価することを目的とした。

[実験]

分散媒試料として、長鎖アルキル変性シリコンオイルを用い、分散粒子としては、二酸化チタン (平均 1 次粒子径 400 nm 程度) を用いた。これらの変性シリコンオイル、及び、粒子を十分に乾燥し、粒子体積分率 ϕ を 20 vol% として、ナノ粒子分散系を調製した。せん断下の誘電測定では、電場が印加可能な回転粘度計の平行平板治具を電極とした。平行平板治具は、接地された加熱炉を利用して遮蔽した。正弦波電場を印加し、ロックインアンプを用いた誘電計測システムで測定を行った。また、せん断変形下では、駆動部分における電気接点の電気容量、コンダクタンスを導入して、補正の検討を行った。(無変形では 電気接点の電気容量、コンダクタンスは無視できる。)

[結果と考察]

0.02 Pa s の長鎖アルキル変性シリコンオイルを用いて調製したナノ粒子分散系について、ER 応答と誘電特性の同時測定を行った。せん断速度は 1.77 s^{-1} 、正弦波電場の周波数は 100 Hz とした。

Fig. 1 及び Fig.2 には、それぞれ、 ϵ_r' 、及び、 ϵ_r'' の電場振幅依存性を示す。 ϵ_r' は電場振幅に対して、ほぼ一定の値を示している。また、 ϵ_r'' は、高電場領域で値がやや増加する結果が得られた。同時に計測した、誘起せん断応力 (電場下と無電場の応力の差) は、高電場では、電場振幅の 2 乗よりやや弱い依存性を示す結果が得られた。

References

- [1] K. Tanaka, et al., Colloid Polym. Sci., **295**, 441 (2017).
- [2] L. C. Davis, J. Appl. Phys., **72**, 1334 (1992).

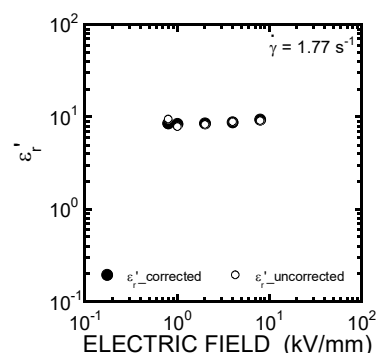


Fig. 1 ϵ_r' , measured simultaneously with ER responses for the nano-suspension based on titanium dioxide nano-particles and the modified silicone oil of 0.02 Pas, plotted against electric field under shear. Frequency of the sinusoidal electric field was 100 Hz.

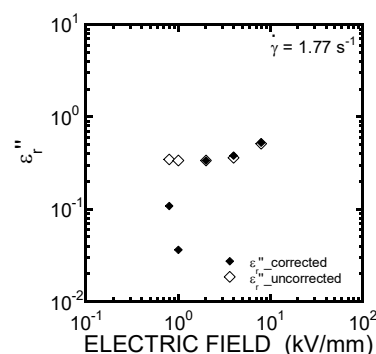


Fig. 2 ϵ_r'' , measured simultaneously with ER responses for the nano-suspension of 0.02 Pas, plotted against electric field under shear.

Dielectric Properties of Electro-Rheological Nano-suspensions

K. Tanaka*, K. Ueno, X. Lin, M. Kawaguchi, M. Takasaki and H. Kobayashi (Department of Macromolecular Science and Engineering, Kyoto Institute of Technology, Matsugasaki, Kyoto 606-8585, Japan, *E-mail: ktanaka@kit.ac.jp)