1B10　　ナノ粒子分散系エレクトロレオロジー流体における

誘電特性と微細構造

（京工繊大・院工）　○田中克史, 市川　新, 山村悠人, 益本恭志,
立石　泉, 髙﨑　緑, 小林治樹

1. 緒言

マイクロ粒子分散系はエレクトロレオロジー (ER) 効果を示すことが知られており、その典型的な流動挙動は無電場ではニュートン流動、電場下ではビンガム流動と近似される。ナノ粒子分散系についても ER 効果が観測されているが、無電場においても、ビンガム流動的挙動を示すことが報告されている [1]。ナノ粒子分散系の ER 効果は、マイクロ粒子分散系と類似して、電場印加による分極粒子が配列して形成する鎖状構造、その鎖状構造が再配列したリング状微細構造と密接に関係する [2, 3]。さらに、粒子の泳動により不完全な鎖状構造が形成する場合がある [4]。本研究では、粒子の泳動、及び、鎖状構造が観察されたナノ粒子分散系 ER 流体の誘電特性、及び、ER 挙動について検討した。

2. 実験

分散粒子として、酸化チタンナノ粒子 (平均 1 次粒子径 400 nm 程度) を検討した。分散媒に粘度の異なる変性シリコーンオイル (η_c = 0.02 Pa·s, 0.04 Pa·s) を用いた。粒子体積分率 ϕ は 20 vol%を中心に検討した。誘電特性の計測には、同心円筒電極を有する液体セル、ITO 電極がくし型に蒸着されたガラス基板を用いた。また、インピーダンスアナライザ、及び、ロックインアンプを用いて測定し、比誘電率 ε_r' 及び誘電損率 ε_r" を算出した。試料の微細構造は、光学顕微鏡により観察して評価した。

3. 結果

Fig. 1 に、直流電場において粒子の鎖状構造が観察された試料 (0.02 Pa·s, 20 vol%) について得られた、ε_r', ε_r"の周波数依存性を示す。100 Hz では、ε_r' = 5.98, ε_r" = 2.88 と評価された。ε_r' は、周波数にほとんど依存せず、ほぼ一定の値を示し、ε_r" は周波数の増加に対して減少している。また、低周波数側において、ε_r" の傾きが -1 に漸近しており、直流伝導の寄与が考えられる。そこで、直流伝導度 κ_{dc} を、式 (1) を仮定して求めた。

$$\varepsilon_r" = \varepsilon_r"(\text{corrected}) + \kappa_{dc} / 2\pi\nu\varepsilon_0, \qquad (1)$$

ε_r" について、低周波数側でfitting を行った結果、κ_{dc} = 1.56 × 10^{-8} (S/m), ε_r"(corrected) = 0.08 (100 Hz) の値が得られた。Fig. 1 には、ε_r"(corrected) を合わせて示している。図中において、ε_r"(corrected) の極大が、100 Hz - 1 kHz の周波数帯域に見られる。

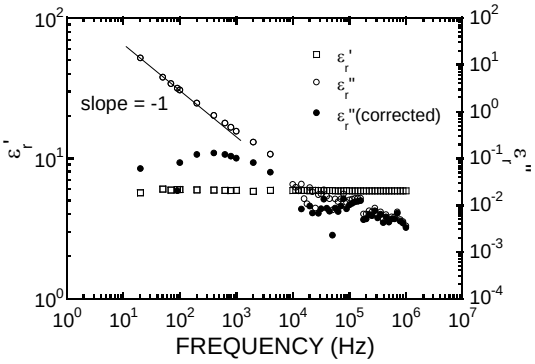

Fig. 1 ε_r' and ε_r" plotted logarithmically against frequency for the nano-suspension of 0.02 Pa·s and 20 vol% measured under argon gas flow. ε_r"(corrected) calculated using eq. 1 was also plotted.

References

[1] K. Tanaka, N. Sezaki, H. Nakahori, and R. Akiyama, Nihon Reoroji Gakkaishi, **37**, 17 (2009).
[2] K. Tanaka, H. Nakahori, K. Katayama, and R. Akiyama, Colloid Polym. Sci., **285**, 1201 (2007).
[3] 中野政身, 混相流, **23**, 135 (2009).
[4] K. Tanaka, S. Robson, H. Kobayashi, M. Takasaki, M. Nakano, and A. Totsuka, Colloid Polym. Sci., **289**, 2531 (2015).

Dielectric Properties and Microstructure of Electro-Rheological Nano-Suspensions

K. Tanaka, A. Ichikawa, Y. Yamamura, H. Masumoto, I. Tateisi, M. Takasaki and H. Kobayashi
(Kyoto Institute of Technology, Matsugasaki, Kyoto 606-8585, Japan)