

酸化カーボンナノホーン (CNHox) 懸濁液の流動特性 Flow Properties of carbon nanohorn oxide (CNHox) suspension

○茂木あゆみ*, 小林幹佳**

A.Moteki, M.Kobayashi

1. 背景と目的

カーボンナノチューブなどのカーボンナノ素材は、高い電気伝導性や大きな比表面積を持ち、農業用発熱シートや水質浄化での吸着剤など様々な分野で応用されている。カーボンナノ材料のひとつである酸化カーボンナノホーン (CNHox) は、中空の円錐形をした単体が数千個集まった粒径約 100 nm のウニ状の凝集体として存在しており、今後幅広い応用が期待される材料である。

一般的に、CNHox のようなコロイド・ナノ粒子は溶媒に分散させて懸濁液として利用されるため、懸濁液の流動特性を把握することは重要である。懸濁液の流動特性を示す指標として粘度がある。粘度は粒子濃度や粒子の構造、粒子間相互作用や分散凝集の度合いなどに左右される[1]。CNHox は多孔質な構造のため、懸濁液中での粒子の有効固相率は大きく、その構造が懸濁液の粘度に影響を与えると予想される。また、CNHox は塩濃度の増加により凝集する[2]ので、塩濃度は粘度に影響を与えられる。

CNHox は比較的新しい材料であるため、構造による大きな有効固相率や塩濃度の変化が懸濁液の流動特性に与える影響について系統的に研究している例は見当たらない。本研究では、CNHox 懸濁液の粒子濃度や塩濃度を様々に変えて粘度測定を行うことで、CNHox の特徴的な構造や凝集性と懸濁液の流動特性との関係について考察する。

2. 方法

CNHox 懸濁液は、粉末の CNHox を脱イオン水または 1 mM, 0.01 M, 1 M KCl 溶液に分散させて調製した。測定前に、約 5 mL の懸濁液を超音波ホモジナイザーにより 120 W で 10 秒間分散処理をした。微差圧式粘度計 (μ VISC, RHEOSENCE, INC.) により、粒子濃度 0.1~3.0wt% のサンプルの高剪断領域における粘度及び分散媒の粘度を測定した。また、回転二重円筒型レオメータ (ONRH-1, 大塚技研) により、粒子濃度 1.0~5.0wt% のサンプルの低剪断領域における粘度を測定した。全ての実験は 20°C で行われた。

3. 結果と考察

Fig. 1 に、粒子濃度 2.5wt% における

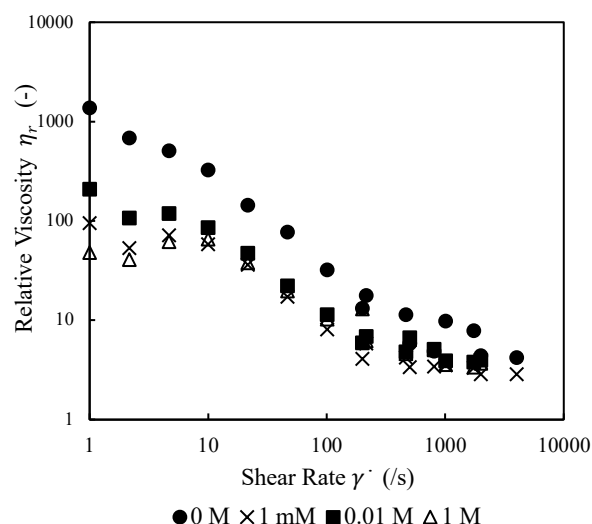


Fig. 1 The relation between relative viscosity and shear rate at particle concentration of 2.5wt% under different KCl concentrations. Each symbol denotes each KCl concentration.

*筑波大学理工情報生命学術院 Graduate School of Science and Technology, Univ. of Tsukuba **筑波大学生命環境系 Faculty of Life and Environmental Sciences, Univ. of Tsukuba キーワード: コロイド・粘土, レオロジー

各塩濃度での相対粘度 $\eta_r(-)$ と剪断速度 $\dot{\gamma} (s^{-1})$ の関係を示す。全ての塩濃度において $\dot{\gamma}$ の増加に伴い粘度が減少するシアニングを示している。また η_r は全体的に、0 M, 0.01 M, 1 M, 1 mM の順で低くなる。塩濃度 0 M において粘度が大きい原因として、電気粘性効果やコロイド結晶状の構造の形成が考えられる。また、塩濃度が 0.01 M, 1 M において 1 mM よりも粘度が大きい理由として、塩濃度の増加により粒子間に働く静電斥力が小さくなり、粒子同士の凝集が誘発されたことが考えられる。

Fig. 2 に、 $\dot{\gamma} = 1000 s^{-1}$ における相対粘度 η_r と固相率 ϕ の関係を示す。固相率は、Senchenko ら (2017) によるグラフアイト密度 $2.18 g/cm^3$ を用いて算出した。同図に剛体球粒子懸濁液の η_r と ϕ の関係を記述する Krieger-Dougherty(K-D) 式を修正した

$$\eta_r = \left(1 - \frac{\alpha\phi}{\phi_{\max}}\right)^{-2} \quad (1)$$

をプロットしたところ、高い $\dot{\gamma}$ での適合性のよい最大固相率 $\phi_{\max}=0.71$ と補正係数 $\alpha=28.15$ を採用することで実験結果によく一致した。これは、 $\dot{\gamma} = 1000 s^{-1}$ における CNHox 粒子の有効固相率が、質量とグラフアイト密度から計算した固相率の 28.15 倍であることを示しており、CNHox 粒子の嵩張った構造による影響と考えられる。

4. まとめ

CNHox 懸濁液の粒子濃度と塩濃度を変数として粘度を測定した。CNHox 懸濁液は、粒子濃度 2.5wt% において塩濃度 0 M で最も相対粘度が高く、1 mM において最小の相対粘度を示した。低塩濃度ではコロイド結晶状の構造をとり、高塩濃度では粒子同士が凝集するためと考えられる。また、それらの構造が剪断により崩れることでシアニングを示したと考えられる。さらに、CNHox 懸濁液の粘度から推定した懸濁液中での有効固相率は、質量とグラフアイト密度から計算した固相率のおよそ 28 倍であった。これは CNHox 粒子の特徴的な構造の影響であると考えられる。

参考文献:[1] H. Nakamura et al, *Colloids and Surfaces A*, 623, 125576, 2021. [2] K. Omija et al, *Colloids and surfaces A*, 619, 1873459, 2021.

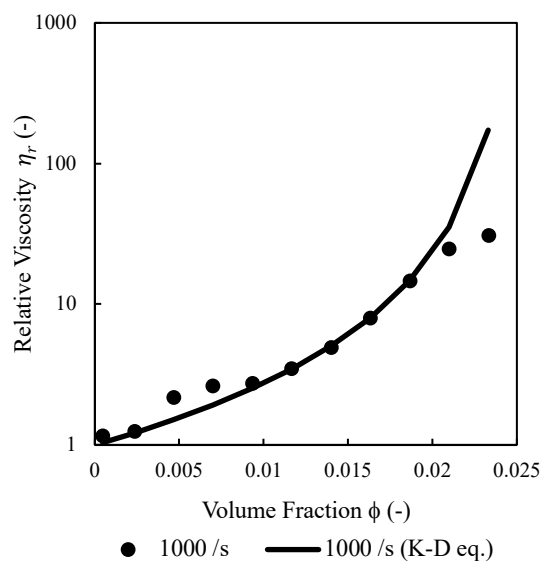


Fig. 2 The relation between relative viscosity in 1 mM KCl and volume fraction at $\dot{\gamma}=1000 s^{-1}$. Dots shows experimental data, and the line shows calculation from K-D equation($\alpha=28.15, \phi_{\max}=0.71$).