

水と多価アルコールの混合による親水性フュームドシリカ懸濁液の粒子凝集構造とせん断増粘挙動

Particle Aggregate Structure and Shear-Thickening Behavior of Suspensions with Hydrophilic Fumed Silica in Mixtures of Water and Polyhydric Alcohol

伊藤 巧樹 江崎 翔哉 鳥飼 直也
Koki ITO Syoya ESAKI Naoya TORIKAI

三重大大学大学院工学研究科

(概要)

多価アルコールとして、エチレングリコール (EG) の水溶液を分散媒とする親水性フュームドシリカ (FS) サスペンションが示すせん断増粘挙動および、小角中性子散乱 (SANS) 測定により懸濁液中の FS の凝集状態を調べた。FS 濃度が高い 20 wt% の懸濁液では、分散媒の EG 組成に依らずせん断増粘を示し、また EG 組成が高いほど増粘が始まるせん断速度が増加した。SANS 測定では、散乱ベクトル q が 0.05 nm^{-1} 付近に、粒子間の相関を反映するブロードなピークが観測され、その q 位置より見積もられるフュームドシリカ凝集間の相関距離は FS 濃度が高い方が短く、EG 組成の増加により低下したのち EG 組成が 80 vol% でやや増加する傾向にあることが判った。

キーワード：フュームドシリカ懸濁液、多価アルコール、せん断増粘、凝集構造、小角中性子散乱

1. 目的

固体粒子が溶媒に分散されたサスペンション (懸濁液) は、非ニュートン流体として、せん断速度の増加に伴い粘度が増加するせん断増粘挙動をはじめ、非常に複雑で興味深い粘弾性特性を示す [1, 2]。近年、我々は、せん断速度の増加に伴い粘度が増加するサスペンションのせん断増粘挙動に着目し、プロピレングリコール、グリセロールの水溶液を分散媒とする親水性フュームドシリカ (FS) のサスペンションを調べてきた。

本研究では、多価アルコールとして、エチレングリコール (EG) と水を異なる組成で混合して FS の懸濁液を調製し、そのレオロジー特性に及ぼす混合分散媒の影響と懸濁液中のフュームドシリカの凝集状態を小角中性子散乱 (SANS) 測定により調べた。

2. 方法

分散質として親水性フュームドシリカ (FS) Aerosil-130 (日本アエロジル) を、脱イオン水とエチレングリコール (EG) の組成が異なる混合分散媒中に、T. K. ロボミックス (特殊機化工業) により 3,000 rpm で 30 分の攪拌で分散させて懸濁液を得た。

サスペンションの定常流粘性率測定は、MCR302 (Anton Paar) を用いて、コーンプレート (コーン径: 50 mm, ギャップ: 0.099 mm) を治具に実施した。せん断速度 $1,000 \text{ s}^{-1}$ で、

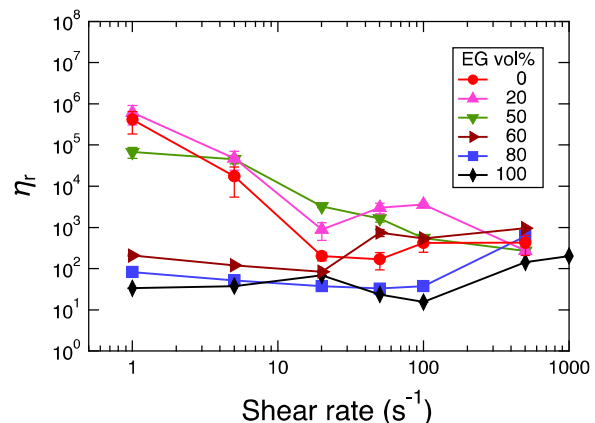


Figure 1 Relative viscosity as a function of shear rate for the 20 wt% FS suspensions in the mixed dispersion media with the different EG compositions.

20 分のプレシアを印加した後、所定のせん断速度での粘度が一定となる定常粘度を計測した。

また、研究用原子炉 JRR-3 の SANS-J にて小角中性子散乱 (SANS) 測定により懸濁液中の FS の静的な凝集構造を評価した。散乱強度プロファイルは、異なるカメラ長で得られた散乱データを散乱ベクトル q ($= (4\pi/\lambda)\sin\theta$, ここで、 λ は中性子の波長, 2θ は散乱角を示す。) の関数として変換した後、繋ぎ合わせた。

3. 結果及び考察

Figure 1 に、粒子濃度が 20 wt%, EG の組成が異なる水との混合分散媒中の FS サスペンションの相対粘度 η_r をせん断速度に対して示す。いずれの懸濁液も、混合分散媒の EG 組成に依らず、せん断速度の増加に伴い増粘挙動を示した。分散媒の EG 組成が高いほど、増粘が始まるせん断速度は高かった。これまでに調べてきたプロピレングリコール、グリセロールと比べて、EG 自体の粘度が低いために、同じ粒子濃度でも増粘が始まる EG 組成はより高いことも判った。

これら異なる EG 組成のサスペンション ($D_2O/H_2O=50/50$) に対して観測された SANS プロファイルを散乱ベクトル q の関数として Figure 2 に示す。僅かではあるが、EG 組成が高い方が散乱強度はやや高かった。これまで小角 X 線散乱でも観測されたように、FS の一次粒子径のサイズ (16 nm) が反映された q が $0.2-0.3 \text{ nm}^{-1}$ 付近に変曲点が見られた。また、さらに q が低い 0.05 nm^{-1} 付近に FS 凝集間の相関距離を反映するブロードな極大が見られた。このブロードな極大を示す q 位置から見積もった相関距離 d を分散媒の EG 組成に対して Figure 3 に示す。 d は FS の濃度が高い方が短く、濃度が 20 wt% の場合で、約 110 nm であった。EG 組成が高くなると、一旦、 d が低下した後に、EG 組成が 80 vol% でやや増加する傾向が見られた。

4. 引用(参照)文献等

- [1] W. B. Russel, D. A. Saville, W. R. Schowalter, Colloidal Dispersion, Cambridge University Press, New York (1989).
- [2] J. Mewis, N. J. Wagner, Colloidal Suspension Rheology, Cambridge University Press, New York (2012).

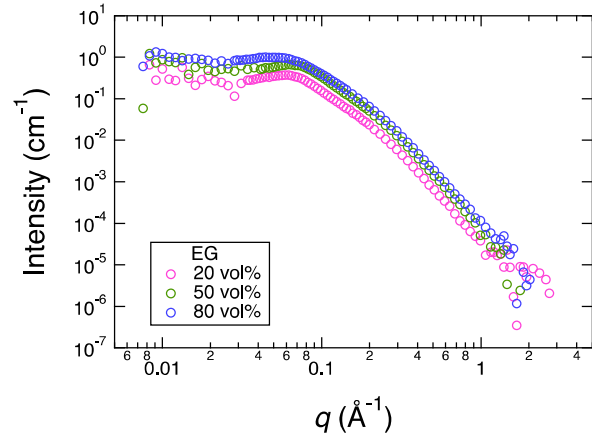


Figure 2 SANS profiles as a function of q for the 20 wt% FS suspensions in the mixed dispersion media ($D_2O/H_2O=50/50$) with the different EG compositions.

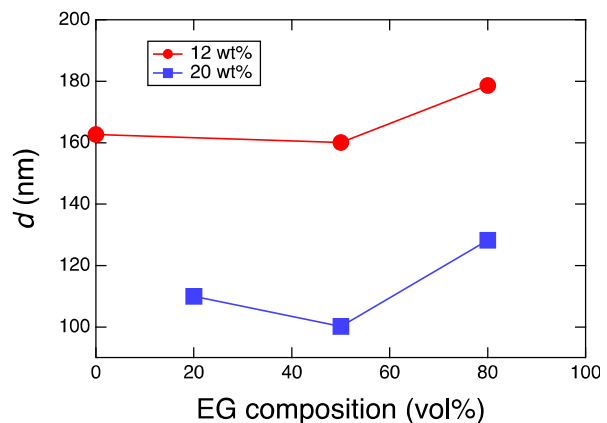


Figure 3 The correlation length d of FS aggregates evaluated for the FS suspensions in the mixed dispersion media with the different EG compositions.