

濃縮されたゲル微粒子懸濁液のレオロジー

京工繊大院工 浦谷昭太, ○浦山健治
京大院工 ソウシン, 佐伯 卓, 瀧川敏算
信大繊維 村井将紀, 鈴木大介

溶媒で膨潤したソフトゲル微粒子の懸濁液は、微粒子同士の接触時に変形、貫入、脱膨潤などが起こるために、最密充填に相当する微粒子濃度（ジャミング転移濃度）以上に濃縮することができる。このようなソフト微粒子の濃厚懸濁液（ペーストとも呼ばれる）は小さな応力に対しては弾性体のようにするが、応力がある大きさ以上になると流動する降伏挙動を示す。このようなペーストの粘弾性は、化粧品、食品、塗料などの工業製品で応用されている。特に、固体的性質と液体的性質を持ち合わせる塑性体としての挙動は実用上極めて有用である。しかし、ゲル微粒子ペーストの降伏応力や降伏ひずみの物理的な起源は明らかになっていないように見える。本研究は、poly(N-isopropylacrylamide) (PNIPA), および poly(N-isopropylmethacrylamide) (PNMIPA)のゲル微粒子ペーストの降伏挙動を、微粒子の濃度、架橋密度、粒径および粒径分布を変数として系統的に調べた。[1] その結果、ジャミング転移濃度のしきい値よりもかなり濃縮されたゲル微粒子ペーストの降伏ひずみは、架橋密度、粒径、粒径分布によらずほぼ一定であり、ゲルを構成するポリマー種にのみ依存するという極めて単純な特徴が見いだされた（図1右）。これらのゲル微粒子は粒径分布は狭く、ペースト状態では結晶のような規則構造を形成している（図1左）。粒径が大きく異なる2種のゲル微粒子を混合すると不規則な構造（ガラス状）になったが、降伏ひずみに有為な変化はみられなかった。この結果は、硬質微粒子懸濁液では、結晶およびガラス状態で降伏ひずみが異なるという報告[2]とは対照的である。本研究の結果より、ソフトゲル微粒子ペーストの降伏ひずみは粘着や摩擦などの近距離相互作用に支配されていることが示唆される。

また、PNIPA, PNMIPA のゲル微粒子は低温で膨潤状態、高温で収縮状態を示す感温性微粒子であり、その懸濁液は温度を変えると微粒子の体積分率が大きく変化する。特に、体積相転移温度以上の収縮相ではゲル微粒子の体積は大きく減少しているが、ゲル微粒子間には強い疎水性相互作用が働くため、懸濁液は収縮相特有の高次構造を形成するといわれている。PNMIPA ゲル微粒子の濃厚懸濁液のレオロジー的性質の温度依存性の実験結果についても紹介したい。

[1] Urayama, Saeki, Cong, Uratani, Murai, Suzuki, *Soft Matter*, **10**, 9486 (2014).

[2] Koumakis, Schofield, Petekidis, *Soft Matter*, **4**, 2008 (2008).

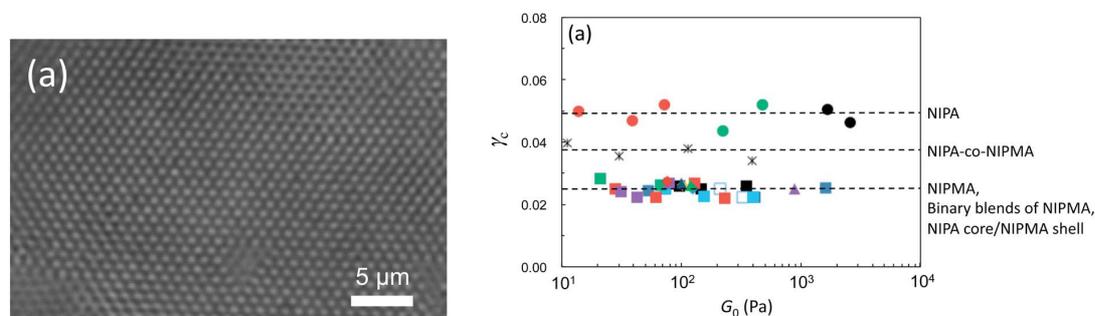


Fig. 1 (Left) Microphotograph of a dense paste of monodisperse microgel. (Right) Yield strain as a function of equilibrium modulus for the dense pastes of the microgels with various concentrations, cross-link densities, diameters.[1]