

高分子電解質を用いたコロイド粒子の凝集過程について

- 高分子電解質の荷電密度依存性 -

Flocculation Process of Colloidal Particle with Polyelectrolyte

- Effect of Charge Density of Polyelectrolyte -

青木謙治，原拓也，足立泰久

Kenji AOKI, Takuya HARA, Yasuhisa ADACHI

1. はじめに

高分子電解質 (PE) はコロイド粒子の優れた凝集をもたらすため，水処理の凝集剤として利用されている．PE によるコロイド粒子の凝集はコロイド粒子に吸着した PE によって生じるため，その凝集過程は PE の吸着過程に左右される．PE の吸着過程は，PE の構造上の特徴から荷電密度 (τ) に依存すると考えられるが，その詳細は十分に明らかではない．本研究では，PE の τ を変化させてポリスチレンラテックス (PSL) 粒子のブラウン凝集と乱流凝集の実験を行い，凝集による PSL 粒子の数濃度変化と凝集過程における PSL 粒子の電気泳動移動を測定し，PE による PSL 粒子の凝集過程に対する τ 依存性について検討した．

2. 理論

ブラウン運動によるコロイド粒子のブラウン凝集では，凝集時間 t と粒子数濃度 $N(t)$ の関係式は

$$\frac{1}{N(t)} - \frac{1}{N(0)} = K_B t \quad (1)$$

と表せる．ここで， K_B は凝集速度定数， $N(0)$ は初期粒子数濃度である．一方，攪拌場におけるコロイド粒子の乱流凝集では，攪拌時間 t と $N(t)$ の関係式は

$$\ln \frac{N(t)}{N(0)} = -kt \quad (2)$$

と表せる．ここで， k は実験定数である．ブラウン凝集，乱流凝集についてそれぞれ (1) 式と (2) 式を用いて，実験条件による粒子数変化の違いから凝集過程を検討できる．

3. 実験

コロイド粒子は，球形度と単分散性に優れた粒径 1.52 [μm] の PSL 粒子を用いた．PE は， τ が 1 と 0.04 で分子量はともに 500 万程度のアクリルアミド/ジメチルアミノエチルメタクリレートを使用した．溶液の支持電解質は塩化カリウム (KCl) を使用した．ブラウン凝集実験では PSL 粒子と PE を混ぜ所定の時間ごとにコールターカウンターで粒子数を測定した．乱流凝集実験では，PSL 粒子と PE を 1[回/s] で攪拌を行い，所定の時間経過後の粒子数と電気泳動移動を測定した．

4. 結果と考察

Fig.1 に、ブラウン凝集における粒子数濃度の逆数の経時変化を示した。プロットの傾きは凝集速度を表す。図中の破線は、凝集剤として KCl 1.12 [mol/l] を用いたときの急速ブラウン凝集の結果である。PE が $\tau = 1$ の場合、塩のみの急速凝集とほぼ同じ凝集速度となった。 $\tau = 0.04$ の場合、プロットの傾きはほぼゼロで凝集はほとんど起こらなかった。これは、この τ の PE は荷電間の距離が長いので、高分子鎖が粒子表面から長く突き出し、粒子同士の接近を妨げて凝集をもたらさなかったためと考えられる。

Fig.2 に、乱流凝集における粒子の凝集進行度を表す $\ln[N(t)/N(0)]$ の経時変化を示した。この図は、縦軸の値が小さくなるほど凝集が進行したことを示す。図中の破線は凝集剤として KCl 1.12 [mol/l] を用いたときの急速乱流凝集の結果である。PE が $\tau = 1$ では、溶液のイオン強度が増すと凝集進行度が大きくなった。 $\tau = 0.04$ では、ブラウン凝集では凝集が進行しなかったのに対し、乱流凝集では凝集が進行した。さらに、ここには示していないが電気泳動移動度の結果から、 $\tau = 0.04$ では、PSL 粒子と反対符号の荷電をもつ PE の吸着によって PSL 粒子の荷電が中和しているときに凝集が生じることが見出された。

ブラウン凝集と乱流凝集の結果から、PE の τ は攪拌の有無で PSL 粒子の凝集に顕著に影響することが明らかになった。

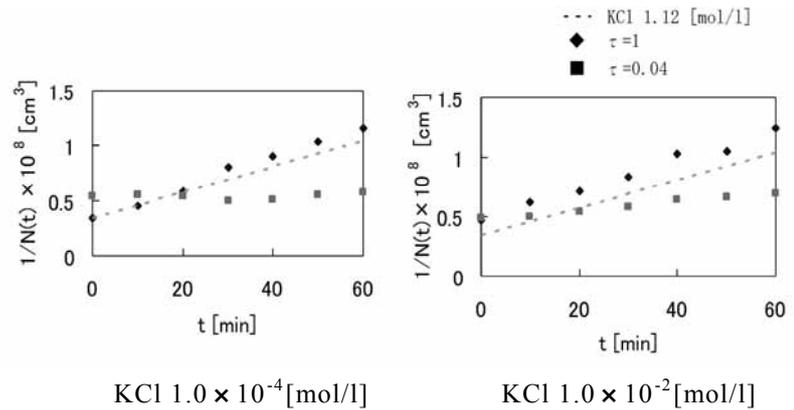


Fig.1 ブラウン凝集における総粒子数の逆数の経時変化。PE の濃度は $\tau = 1$ では 0.2 [mg/l]、 $\tau = 0.04$ では 0.5 [mg/l] である。

$1/N(t)$ vs. t in the Brownian flocculation. Polyelectrolyte concentrations are 0.2 [mg/l] for $\tau = 1$ and 0.5 [mg/l] for $\tau = 0.04$.

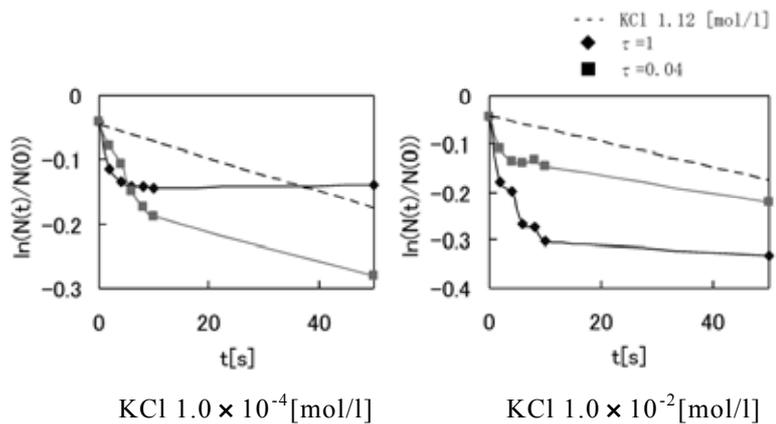


Fig.2 乱流凝集における凝集進行度を表す $\ln[N(t)/N(0)]$ の経時変化。PE の濃度はともに 0.5 [mg/l] である。
 $\ln[N(t)/N(0)]$ vs. t in the turbulent flocculation. Polyelectrolyte concentration is 0.5 [mg/l].