

# 高分子電解質によって形成される低次フロクの再配列過程 Restructuring of Small Floccs Formed with Polyelectrolytes

青木謙治、足立泰久  
K. Aoki and Y. Adachi

**1 はじめに** 高分子電解質（PE）はコロイド表面に吸着し優れた凝集効果を示すため、水処理の凝集剤や土壌改良剤として広く利用されている。凝集操作ではフロクは目的に応じた形態になることが望ましいが、その形成過程は不明な点が多く、フロク形態を十分に制御できないのが現状である。これまで我々は、PEによるコロイド粒子の凝集を初期段階において解析し、凝集速度はコロイド表面におけるPE吸着挙動に左右されること[1]を明らかにした。一方、凝集過程の結果として生じるフロク形態もまた、PE吸着挙動や凝集初期段階におけるフロク形成過程を反映すると考えられるが、その形成機構は明らかではない。本研究では、カチオン性PEによる負帯電ポリスチレンラテックス（PSL）粒子の凝集で形成されるフロクの構造の再配列過程を明らかにする目的で、特に低次フロクを対象としてフロクの構造を調べた。実験は、フロク再配列に対するPEのPSL粒子表面における吸着挙動の影響を調べるために、PEの分子量と溶液のイオン強度を変化させて行った。

**2 実験** 球形度・単分散性に優れた粒径 1.52 [μm] のPSL粒子の分散溶液とPE溶液を二股フラスコに注ぎ、一秒に一回90度回転することによって一定の流体運動でPSLとPEの混合溶液を攪拌する。200 [s] 攪拌した後の混合溶液中のフロクをマイクロスライドにいれ、それを顕微鏡で観察した(Fig.1)。フロク投影図におけるフロク最大径 $D_f$ とフロク構成粒子数 $i$ を測定し、それらと一次粒子径 $d_0$ 、フラクタル次元 $D$ の関係式

$$i = \left( \frac{D_f}{d_0} \right)^D$$

からそれぞれのフロクの $D$ を求めた。 $i$ 次粒子の $D$ は平均値を採用した。 $D$ の値が大きいほどフロクは密な構造であることを示すので、求めた $D$ でフロク構造を評価する。実験で用いたPEはトリメチルアミノエチルメタクリレートで、分子量は490万と49万である。溶液はKCl  $10^{-2}$ 、 $10^{-4}$ [M]の二通りで行った。

**3 結果と考察** PEを凝集剤として利用する場合には、いかに分離性がよいフロクを形成させることができるかが肝要であり、その観点からフロクの形態形成過程の解明が求められる。凝集条件に応じたフロク形態の差異は凝集の初期段階から生じているか、

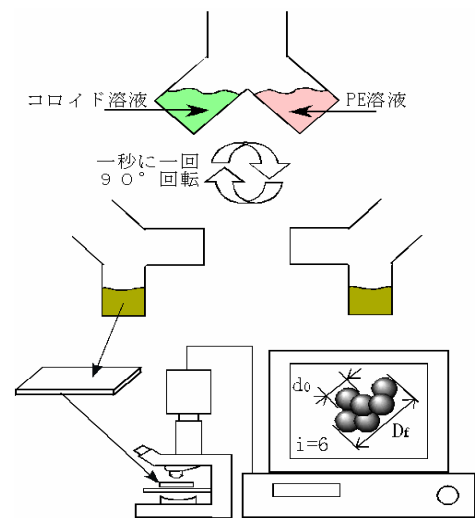


Fig.1. 実験手順。

The procedure of the experiment.

それとも後期段階までは同じように成長してそれから差異が生じるか、またどうしてそうなるかということを実際の凝集操作でフロック形態を制御する際に重要となる。

PE が PSL 粒子表面へ飽和吸着するような PE 高濃度領域の場合、PSL は飽和吸着するまでしか凝集できないためフロックは十分に成長しないので、フロック形態の差異が凝集の初期段階から生じているかどうかを確認するのに適している。そこで、PE 高濃度領域において形成される低次フロックの形態を調べた。Fig. 2 は、PE が PSL 粒子表面へ飽和吸着するような PE 高濃度領域における、PE による PSL 粒子の凝集で形成されるフロックの構成粒子数  $i$  とフラクタル次元  $D$  の測定結果である。PE が低分子量または溶液が高イオン強度の場合は、 $D$  の値が大きいのでフロックは平均的に密な構造をとり、再配が起こりやすいことを示している。一方、高分子量かつ低イオン強度の場合は、 $D$  の値が小さいのでフロックは平均的にかさばった構造をとり、再配列しにくいことを示している。したがって、低次フロックを対象としたこれらの結果から、フロック形態の差異が凝集の初期段階から生じていることが明らかになった。

本研究で得られたフロックの再配列の結果は、これまでにコロイド粒子表面における PE の吸着挙動に関して報告した、PE が低分子量または溶液が高イオン強度の場合にコロイド表面に吸着した PE は再配列が生じやすいという結果[2] (Fig.3) に対応している。すなわち、PE が再配列しやすい条件ではフロックも再配列しやすい。したがって、PE によるコロイド粒子の凝集で形成されるフロックの再配列過程は、コロイド表面に吸着した PE の吸着状態や再配列などが寄与していると考えられる。

**参考文献**

[1]Y. Adachi and K. Aoki, *Colloids and Surfaces A*, **230**(2004)37-44.  
 [2]K. Aoki and Y. Adachi, *J. Colloid Interface Sci.*, in press.

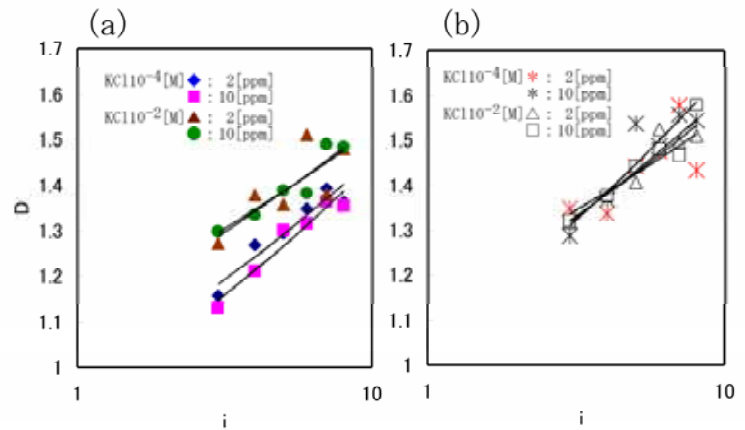


Fig.2. フロックの構成粒子数  $i$  とフラクタル次元  $D$  の測定結果。高分子電解質の分子量 [g/mol] は (a) : 490 万、(b) : 49 万。

The number of the primary particles of the floc vs. the fractal dimension of the floc. The molecular weight of the polyelectrolyte [g/mol] is (a) : 4.9 million, (b) : 0.49 million.

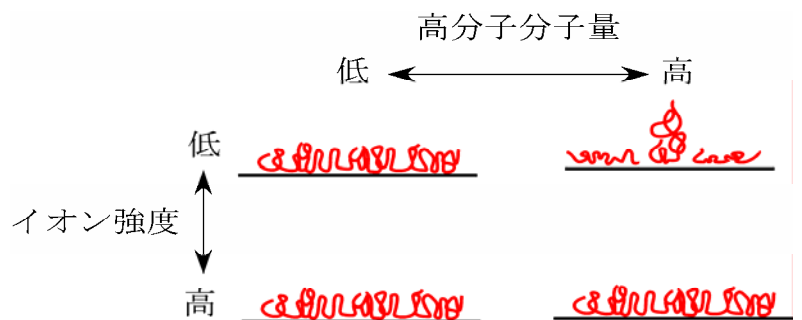


Fig.3. コロイド表面における PE 吸着状態[2]。PE が高分子量かつ溶液が低イオン強度のとき、吸着高分子の再配列は周辺 PE に阻害されおこりにくい。それ以外の条件では比較的すみやかに再配列する。

A reconfiguration process of adsorbed polyelectrolytes on the colloidal surface is affected by the molecular weight and ionic strength, resulting in variation in the adsorbed state of the polyelectrolytes.