

実用濃厚系における微粒子の分散・凝集の基礎と評価法

武田 真一

1. 分散・凝集特性と分散安定性

一般に微粒子やナノ粒子を微粒子化する過程には、粉碎機などを用いる乾式法と水や溶剤を分散媒にしてボールミル、ビーズミルなどを用いて分散する湿式法があり、さらに湿式法には1) 原料製造の乾燥工程などで凝集した二次粒子が溶媒と濡れる過程と2) 機械的エネルギーの助けを借りて凝集粒子を解きほぐしてゆく過程、が含まれる。したがって製造された微粒子が分散されてゆく過程は、1) 濡れ (wetting process)、2) 機械的解砕 (mechanical de-aggregation or de-agglomeration process)、3) 分散安定化 (stabilization process) の三つの過程に分けられる。良く知られているように、1) は初期分散に関わり、2) は微粒子の解きほぐし性に関わり、3) はスラリーの安定性に関わる。それゆえ、本稿における以後の分散・凝集特性の説明も微粒子化過程と分散安定化過程を区別して行うことにする。さらに、後者の分散安定化過程の評価項目について基本的には、1) 再凝集に対する安定性 (粒子の衝突によって凝集が起こる (急速凝集) とする Smoluchowski の考えによると、急速凝集と緩慢凝集との比を安定度比 (W) としている)、2) 沈降に対する安定性 (経時に対する沈降特性)、3) 粘度の

経時変化に対する安定性、を別個に考えているので、本稿ではそれらも区別して記述することにする。

2. 再凝集に対する安定性とゼータ電位

粒子同士が衝突すると合一するが、懸濁液中の粒子表面は通常帯電しているため、その程度の違いにより、互いに反発し合って衝突しないで安定な状態になっていたり、合一してしまったりする。同種の粒子間には主に粒子表面の電荷に由来する静電的反発力とファンデアワールス引力が働く。大まかに近似すると、反発力は粒子間距離のベキ乗に反比例、引力は粒子間距離の exp 関数に反比例し、いずれも粒子が近づくほど強い力が働く。溶媒中のイオン強度が高くなると粒子表面の電気二重層が圧縮され電位が小さくなるので、粒子は静電的反発力を超えて凝集することがある。塩濃度が高くなると容易に沈降するのは粒子の合一 (凝集) によるためである。したがって、凝集に対する安定性を向上させる一法として、分散粒子に荷電を十分もたせ粒子間に大きな静電斥力を与えれば良い。例えば、アニオン性界面活性剤等が分散剤として使用されることが多い。この場合、分散粒子に吸着したアニオン性分散剤は分散粒子に負の電荷を与え、負電荷間の斥力により分散は安定化する。したがって、斥力の程度を見積もる手段としてゼータ電位測定法が適用でき、ゼータ電位がより高い値を取るときにより大きな斥力が働くと解釈される。