

## 〈技術資料〉

# 塗布・乾燥に伴う膜中微粒子の分散・凝集挙動と制御

鈴木 洋

### 1. はじめに

塗布に使用される試料（塗料・インク・印刷用ペースト、化粧品等）の多くは、液相中に微粒子が分散した懸濁液（サスペンション）である。一般にサスペンションの粘度特性は複雑であり、塗布時の流動挙動に大きな影響を与える。またそのことが塗布時の微粒子分散・凝集挙動に影響を与え、塗膜面の仕上げに強く影響する。そのため、試料の流動特性（レオロジー特性）を正確に把握することが重要である。

また、塗膜が乾燥する過程においても、微粒子の移動が生ずる。その微粒子輸送が表面仕上げにムラや膜の欠損等を生じさせる。したがって、乾燥過程における微粒子輸送挙動を把握することは有意義である。

本解説では、塗布面仕上げに影響する、塗布時および乾燥時の微粒子の分散・凝集挙動について解説する。

### 2. 塗布

#### 2.1 サスペンションの流動特性

サスペンションの流動特性は、分散媒と呼ばれる液中の粒子の凝集・分散特性に支配される。一般的に、せん断速度（時間あたりの流体のせん断ひずみ割合）の増加に伴い、粘度が低下す

2011年8月26日受付

る、シアニング現象が見受けられる。また、降伏応力が観察される場合が多い。低せん断域あるいは初期状態において粒子は凝集状態にあり、凝集体内には液相が取り込まれるため、見かけの固体体積分率が大きくなり、粘度が上昇する。一方で高せん断が付加されると、凝集体が流体力により破壊され、より小さな凝集体が分散した状態となる。このような状態となると、凝集体が取り込む液量が減少し、見かけの固体体積分率が減少し、粘度が低下する。これらの現象は一般に時間変化特性を伴う。ここでは割愛するがこの時間変化特性は重要であり、この特性を持つ流体をチクソトロピー性流体とよぶ。また中には、せん断を増加することによって、粘度が上昇するシアシックニング現象が生ずるような場合もある。このような流体はダイラタント性流体と呼ばれる。

#### 2.2 サスペンションの粘度特性

サスペンションの粘度はまず Einstein<sup>1)</sup> によって以下の式が提案されている。

$$\eta_r = 1 + 2.5\phi \quad (1)$$

ここで  $\eta_r[-]$  は相対粘度と呼ばれ、分散媒粘度に対するサスペンション粘度の比である。この式から微粒子を懸濁させた場合、微粒子の質量割合ではなく固体体積分率  $\phi[-]$  が上昇するにたがってサスペンション粘度が上昇することがわかる。Einstein の式は高濃度サスペンションでは適用できないので、以下の Thomas の式<sup>2)</sup> がしばしば用いられる。