

解説

# 微粒子シリカ (Fumed Silica) の 基本特性とメカニズム

日本アエロジル(株) Kamada Masahiko  
鎌田 正彦

PD/AT Division エキスパート  
〒510-0841 三重県四日市市三田町3  
☎059-345-5270

## はじめに

フュームドシリカ (Fumed Silica、微粒子シリカ) は、1942年にカーボンブラックの代替品としてドイツDegussa社(現・Evonik Industries社)の化学技術者H. Kloepferによって開発された<sup>1)</sup>。その外観からフュームド(煙のような)シリカと、また合成法から乾式シリカや火炎加水分解法シリカとも呼ばれる。最大の特徴は微粒子が緩やかに凝集した構造であり、液体の増粘・チキソトロピー性付与、粉体の流動性改善、エラストマーの補強などの機能を持ち、塗料、印刷インキ、接着剤、プリンタートナー、ゴムなど幅広い分野で利用されている。本報ではフュームドシリカについて、その基本特性と応用用途、代表的な機能である粘

性制御のメカニズム、および近年の応用事例として撥水防汚材を紹介する。

## 製造法

フュームドシリカは四塩化ケイ素を原料とし、酸素と水素の火炎中で加水分解して得られる。火炎の温度、原料/酸素/水素の供給比率などの製造条件を変えることにより、異なる粒子径や比表面積のフュームドシリカが得られる。原料にほかの金属化合物( $TiCl_4$ や $AlCl_3$ など)を用いることでフュームドチタニアやフュームドアルミナも得られる。

## 基本特性

本項ではフュームドシリカの基本的な特性について、当社製品のAEROSIL<sup>®</sup>を例として記述する。

### 1. 一次粒子

現在工業的に生産されているAEROSIL<sup>®</sup>は平均一次粒子径として7~40 nm、比表面積は50~380  $m^2/g$ (BET法)であり、内部表面積、すなわち細孔を有さない。これはBET法により求められた表面積と透過型電子顕微鏡の写真(図1)から求められたそれが一致することで確認できる。

### 2. 凝集構造

フュームドシリカは一次粒子が凝集した構造を持つ。図1の写真はその凝集構造をはっきりと示している。凝集体(aggregate)の大きさはおよそ

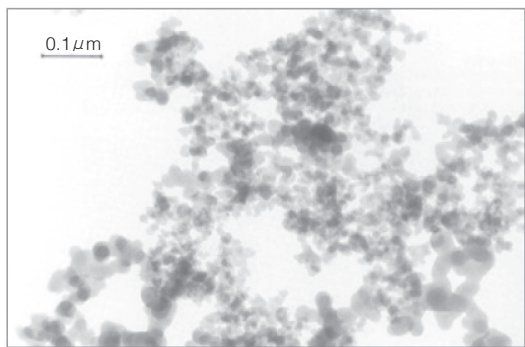


図1 AEROSIL<sup>®</sup>の透過型電子顕微鏡写真  
(AEROSIL<sup>®</sup> 130 平均一次粒子径 16 nm)

100 nmである。さらにそれらが複数凝集して10 μmから200 μmの集まりになっている。これを集塊粒子 (agglomerate) と呼ぶ。

フュームドシリカは水や溶媒、塗料、接着剤、ゴムなどさまざまな媒体中に分散する場合、適切な機器・方法で行えば、その集塊粒子は容易に解れ凝集粒子まで分散される。それ以下の大きさまで破碎する場合には特殊な機器・方法が必要になる。一例として、平均一次粒子径が7 nmのAEROSIL®シリカを水中に分散した液の、レーザー回折法による粒度分布を図2に示す。低速攪拌機では集塊粒子のままであるが、超音波分散機では凝集粒子のみとなりその粒度分布のd50はおおよそ100 nmである。

### 3. 表面化学

フュームドシリカの表面には親水性のシラノール基 (Si-OH) と疎水性のシロキサン (Si-O-Si) が存在している。シラノール基は化学的に活性であり、他の物質と化学反応させることができる。シラノール基は有機処理剤を反応させることで親水性であるシリカに疎水性を付与したり、また処理剤の官能基の種類により様々な機能がシリカに付与される。表面処理の一例を図3に示す。

### ▼フュームドシリカの応用

フュームドシリカはその機能面から大きく以下のように分類できる。

- ①液体の増粘、顔料の沈降防止、樹脂の粘度調整やチキソトロピー付与
- ②エラストマーの補強充填剤、機械的特性の改善
- ③粉体製品の固結防止、流動性改善、帯電性制御
- ④微粒子、高純度、断熱、吸着特性を利用した

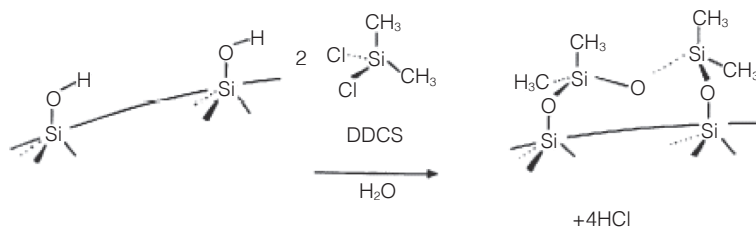


図3 ジメチルジクロロシラン (DDCS) との反応

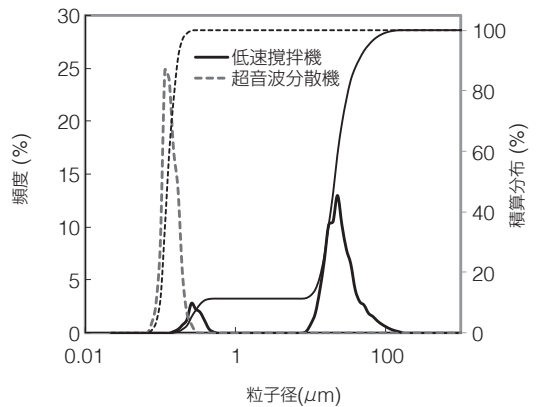


図2 各種分散機にて水中に分散したフュームドシリカの粒度分布 (レーザー回折法)

そのほかの応用

その具体的な応用例を以下に挙げる。

- ①塗料、印刷インキ、接着剤、潤滑剤、軟膏
- ②シリコーンゴム、合成ゴム、フッ素ゴム
- ③プリンタートナー、粉体プラスチック、粉体塗料、冶金粉末、食卓塩、錠剤
- ④CMPスラリー、インクジェットペーパー、断熱材、触媒担体

ここには代表的な応用例を示したが、実際にはここに挙げきれないほど多くの応用例がある。本報ではこの中で粘性制御剤の応用例を紹介する。

### ▼粘性制御剤

フュームドシリカは塗料や接着剤の塗布時の垂れや貯蔵中顔料の沈降を防止することに広く利用されている。フュームドシリカはある液体中で分散すると粒子同士が相互作用を始める。この作用は表面のシラノール基 (Si-OH) 同士の水素結合によるものが主であり、一時的に三次元の網目構造をもたらし、極微量の配合でも肉眼で見えるほど