

超音波照射による水中ナノシリカ粒子の分散挙動

一周波数と凝集径の関係

(名工大、セラ研)○佐藤絵美子、高井千加、白井 孝、藤 正督

【緒言】

ナノ粒子の機能を有効に引き出すためには、個々の粒子がよく分散していることが必要である。超微粒子の凝集体への超音波照射は、装置及び操作の手軽さに加えて、コンタミネーションが少ないため、解砕手法として頻繁に用いられている。

東谷らは超音波による解砕能力は、超音波のエネルギー E_t (=出力・時間/体積)によって決定すると報告している。また、分散液の容器形状による影響も報告されており、容器の高さに比べて底の面積が極端に大きいと超音波照射による解砕効果が減少する。[1]しかし周波数と粒子径との相関については、まだ検討されていない。本研究では、超音波周波数を変化させ水中ナノシリカ粒子の凝集粒子径との関係を調べた。

【実験方法】

シリカ粒子として平均一次粒子径 40nm(Aerosil OX50 ; 日本アエロジル製)を用いて、水を分散媒とし 0.05wt%になるよう 1 時間マグネチックスターラーで攪拌させて、スラリーを調製した。超音波反応装置(HSR-301 ; 本多電子製)を用いて、100k、200k、1M、2MHz の周波数、出力 40W で 30s、60s、180s 超音波を照射した 50ml のスラリーの分散凝集挙動を粒度分布測定装置 (MicrotracIMT MT3300EX II ; 日機装製)により比較した。

【結果と考察】

Table. 1 に 100k、200k、1M、2MHz の周波数で 3 分間の超音波照射後の粒度分布測定による D50 の値を示す。これらのスラリーで、100k、200k、1MHz までは周波数を高くしていくにつれ大きな解砕効果が見られた。ナノ粒子のような微粒子の凝集体の解砕には高周波数ほど効果が大きいといえる。しかし 2MHz では超音波照射による解砕効果は見られなかった。これは超音波の減衰作用による影響である。超音波の減衰量(=減衰定数×周波数×通過距離)は周波数に比例して大きくなると言われている。したがって本研究で用いた水系ナノシリカ粒子のスラリーの解砕には高周波数領域では 1MHz が最も適している。また 100k、1MHz の粒度分布測定結果を用いて、超音波の位相差に関する式と比較した。凝集体モデルを考え、凝集体の密度を位相差の式($X_p/X_M=[1+(\pi \rho f d^2/9 \mu)^2]^{-1/2}$; X_p : 粒子の振幅、 X_M : 媒体の振幅、 ρ : 粒子の密度、 f : 周波数、 d : 粒子の直径、 μ : 媒体の粘性係数)に代入し解砕限界値を求めると、100k、1MHz とともに実験値と近い値となった。やはり粒子と媒体の振動は凝集構造に影響しており、超音波照射における分散挙動を考える際、凝集構造も考慮しなければならない。

【参考文献】

[1] K. Higashitani et al., Colloids Surfaces 81(1993)167-175

Table1. 超音波照射後の粒度分布測定結果 D50 (μm)

Particle name	Frequency				
	Before Ultrasonication	100k Hz	200k Hz	1M Hz	2M Hz
OX50(40 nm)	37.74	7.88	8.53	0.85	24.81