

学位論文の要旨

氏名	田中 洋介
学位論文題目	ナノメートルサイズセラミック粒子の水性サスペンションの加圧ろ過

本論文は、外部圧力が0-19 MPaにおけるナノメートルサイズセラミック粒子水性サスペンションの固化特性を明らかにしたものである。ろ過の動力学は、高分散サスペンションに対して確立したろ過理論と凝集サスペンションに対して新たに構築したろ過理論に基づき解析された。

1章は緒論である。ナノメートルサイズセラミック粒子の特性、セラミックスの成形法、確立された加圧ろ過理論について解説した。本研究の目的は、(1) ろ過圧力またはろ過時間と圧縮用ピストンの変位の関係を測定すること、(2) 固化特性における分散剤と粒子サイズの影響を明らかにすること、(3) 固化挙動を理論的に解析することである。

2章では、ナノメートルサイズコロイド粒子(24 nm ハイドロキシアパタイト、30 nm 炭化ケイ素、68 nm イットリア安定化ジルコニア、150 nm アルミナ、800 nm 炭化ケイ素)を含む水性サスペンションの固化に必要なエネルギーと圧力を新規に開発した加圧ろ過装置を用いて連続的に測定した。粒子サイズが70 nm 以下の時、充填密度は減少する。19 MPaにおける150-800 nm 粒子の最終的な充填密度は、粒子の表面電荷に強く影響される。しかしながら、70 nm以下の粒子の充填密度は表面電荷の影響を受けない。固化中の二粒子間に働くエネルギーとサスペンション中の二粒子間相互作用エネルギーの比は、充填密度と関係する。20-30 nm 粒子の低い充填密度は、粒子の立体安定化によって改善される。粒子表面に吸着した分散剤層の見積もられた厚さは1 nm以下であり、分散剤分子量と無関係であった。圧力を解放したとき、分散剤層の弾性応力緩和により固化体の高さは増加した。

3章では、定速度加圧ろ過による、20-800 nmのセラミックナノ粒子の固化挙動を調べた。測定した圧力(ΔP_i)とろ液体積(V_f)の関係は、高分散サスペンションにおいて確立されたろ過理論と比較された。確立されたろ過理論は、ろ過の初期段階では効果的であるが、 ΔP_i が臨界圧力(ΔP_{ic})を超えたとき実測値と理論値のずれが大きくなる。この違いは、 ΔP_{ic} において分散サスペンションから凝集サスペンションへと相転移がおこることと関連していることがわかった。 ΔP_{ic} に影響

別記様式第3号-2

する要因は、ゼータ電位、固体濃度、粒子サイズである。コロイド相転移に基づいて、凝集サスペンションにおける ΔP_i と h_i (ピストン高さ)の関係を説明するために新ろ過理論が構築された。この構築された新理論と実測値はよい一致を示した。

4章では、pH 7.0に調製した30 nm SiC を含む5 vol%水性サスペンションを0.1-10 MPaの一定圧力下でろ過した。この一定圧のろ過により、相対密度18-37%の成形体を得られた。また、高圧力ほど高い充填密度が得られた。ろ過挙動は、よく分散した粒子を含むサスペンションの確立したろ過理論から逸脱していた。凝集サスペンションのための新しいろ過モデルが開発された。定圧ろ過実験の結果は、固化の最終段階を除き、新しく構築したろ過理論によって説明できる。凝集粒子の変形能が減少するとき、理論値と実験値の差は大きくなる。

5章は以上を総括し、今後取り組むべき研究の方向を示した。ナノメートルサイズセラミックス粒子において、その低い充填密度が問題視される。測定されたナノメートルサイズセラミックス粒子の充填密度は、理論密度の50%に達しない。この低い充填密度は、振動や外部電場を印加することにより、改善できると考えられる。