

モンモリロナイト／水分散系の粘性と

その影響要因に関する研究

学位論文内容の要旨

モンモリロナイトを主成分とするベントナイトは、土木基礎工事事用安定液、ボーリング泥水、鑄物生型粘結材、廃棄物処分場止水材、猫のトイレ砂、など極めて多様な用途に大量に用いられている。また、ベントナイトから精製されるモンモリロナイトは、医薬品、化粧品、家庭用品、セラミックス、ナノコンポジット、などに用いられている。これらの用途の大部分においては、ベントナイトあるいはモンモリロナイトは水と混和したペースト状、あるいは、スラリー状として用いられる。その際、モンモリロナイトは分散状態にあることが重要であり、ゲル化した状態では機能を十分に発揮できない。モンモリロナイト/水分散系の粘性がどのような要因によって決定されるのかを明らかにすることは単に科学的興味からだけでなく、ベントナイトおよびモンモリロナイトを有効に利用するためにも重要である。これまでにも、モンモリロナイト/水分散系の粘性に影響を与える要因については極めて多くの研究がなされている。しかしながら、産地の異なる多様なモンモリロナイトについて普遍的に適用できる増粘要因については、まだ明らかにされていない。本研究は、モンモリロナイト/水分散系の粘性を決定する本質的な要因を明らかにすることを目的として行った。

本研究は7章で構成されている。各章の概要は以下のとおりである。

第1章は序論であり、研究の背景と目的、および論文の構成を示した。

第2章では、モンモリロナイト/水分散系の粘性に影響を与える諸要因に関する先行研究の調査、整理を行った。

第3章では、本研究を進めるに当たって必要とされる、試料調製方法、化学的処理方法などについて予備的な検討を加え、第4章以降の研究に備えた。

第4章では、モンモリロナイト/水分散系の粘性に影響を与える主要な要因である、分散液の可溶性塩濃度と粘度との関係について検討を加えた。山形産ベントナイトの均質な分散液から、4通りの方法で精製・採取したモンモリロナイト試料を用いて実験を行った。その結果、分散液の可溶性塩濃度は、分散液の粘度に非常に強い影響を与えるが、可溶性塩濃度だけでは説明不可能な差が存在することを明らかにした。分散液の粘度を決定する本質的な要因は、モンモリロナイト粒子のアスペクト比、あるいは粒子径にあるのではないかと思われた。

第5章では、モンモリロナイト粒子のアスペクト比と分散液の粘度との関係について検討を加えた。まず、球形コロイド分散系の粘度に関する最初の研究成果である、Einsteinの粘度式について触れ、次にそれを板状粒子、棒状粒子に拡張して、固有粘度とコロイド粒子のアスペクト比(軸比)とを関連付けた、Simhaの研究を紹介した。さらに、モンモリロナイトの粒子径分布、粒子形状、

分散液単位容積当たりの粒子数、アスペクト比、などと分散液の粘度とを関連付けた先行研究を調査、整理した。

第5章の後半では、モンモリロナイト粒子のアスペクト比と分散液の粘度との関係について、詳細な検討を加えた。山形産ベントナイトの均質な分散液から精製したモンモリロナイト試料4点、山形産ベントナイトを原料とする工業用モンモリロナイト試料1点、ワイオミング産ベントナイト原鉱から精製したモンモリロナイト試料2点、計7点のモンモリロナイト試料を研究に用いた。試料の諸条件、可溶性塩含有量、交換性陽イオン組成、純度などを可能な限り揃えるため、脱炭酸塩・Na交換処理を行った。ベントナイトから精製しただけの試料(無処理試料)および脱炭酸塩処理・Na交換処理を行った試料の2種類のモンモリロナイト試料を用いて、化学的および物理的な特性を測定するとともに、試料の水分散液の粘度を測定した。

モンモリロナイト粒子のアスペクト比は、AFMを用いる方法と、モンモリロナイトの希薄分散液の粘度から求める方法との2通りの方法で測定した。

モンモリロナイト粒子のアスペクト比と分散液の粘度との関係を検討したところ、無処理試料においては両者の間に明白な相関を認めることはできなかった。脱炭酸塩・Na交換処理を行って条件を可能な限り揃えた試料においては、モンモリロナイト粒子のアスペクト比と、分散液の粘度との間に明白な相関を認めることができた($R^2=0.93$)。アスペクト比の測定は、AFMおよび粘度測定との2通りの方法で行ったが、方法による差は認められなかった。

第5章の結論として、モンモリロナイト/水分散液の粘度を決定する本質的な要因は、モンモリロナイト粒子のアスペクト比であることを確認できた。

第6章では、モンモリロナイト粒子のアスペクト比と、ベントナイトの用途とを関連付けた。ベントナイトの用途は極めて広範囲に亘るが、ベントナイトに含まれているモンモリロナイト粒子のアスペクト比を測定することにより、そのベントナイトがどのような用途に適しているかを迅速に、しかも的確に予想することが可能となることを示した。これまでは、ベントナイト、モンモリロナイトの特性、品質を産地で表すことが広く行われてきたが、本研究の成果を活用すれば、ベントナイト、モンモリロナイトの特性、品質を科学的、定量的に評価することが可能となることを示した。

第7章は本研究全体のまとめであり、上述のように、外的な要因を可能な限り除いて条件を揃えた山形産およびワイオミング産の複数のモンモリロナイト試料を調製して、粒子のアスペクト比の測定、分散液の粘度測定などを行った結果、モンモリロナイト/水分散系の粘性を決定する本質的な要因は、モンモリロナイト粒子のアスペクト比であることを明らかにした。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 米 田 哲 朗
副 査 教 授 三 浦 清 一
副 査 教 授 藤 井 義 明
副 査 准教授 佐 藤 努

学 位 論 文 題 名

モンモリロナイト／水 分散系の粘性と その影響要因に関する研究

モンモリロナイトを主成分とするベントナイトは、土木基礎工事中安定液、ボーリング泥水、鋳物生型粘結材、廃棄物処分場止水材、猫のトイレ砂、など極めて多様な用途に大量に用いられている。また、ベントナイトから精製されるモンモリロナイトは、医薬品、化粧品、家庭用品、セラミックス、ナノコンポジット、などに用いられている。これら用途の大部分は、ベントナイトあるいはモンモリロナイトは水と混和したペースト状、あるいは、スラリー状として用いられる。その際、モンモリロナイトは分散状態にあることが重要であり、ゲル化した状態では機能を十分に発揮できない。モンモリロナイト/水 分散系の粘性がどのような要因によって決定されるのかを明らかにすることは単に科学的興味からだけでなく、ベントナイトおよびモンモリロナイトを有効に利用するためにも重要である。これまでにも、モンモリロナイト/水 分散系の粘性に影響を与える要因については極めて多くの研究がなされているが、産地の異なる多様なモンモリロナイトについて普遍的に適用できる増粘要因については、まだ明らかにされていない。本研究は、モンモリロナイト/水 分散系の粘性を決定する本質的な要因を明らかにすることを目的としている。

本研究は7章で構成されている。各章の概要は以下のとおりである。

第1章は序論であり、研究の背景と目的、および論文の構成を示した。

第2章では、モンモリロナイト/水 分散系の粘性に影響を与える諸要因に関する先行研究について述べている。

第3章では、本研究を進めるに当たって必要とされる、試料調製方法、化学的処理方法などについて第4章以降のための研究手法について予備的な検討を行っている。

第4章では、モンモリロナイト/水 分散系の粘性に影響を与える主要な要因である、分散液の可溶性塩濃度と粘度との関係について、山形産ベントナイトの均質な分散液から、4通りの方法で精製・採取したモンモリロナイト試料を用いて実験を行った。その結果、分散液の可溶性塩濃度は、分散液の粘度に非常に強い影響を与えるが、可溶性塩濃度だけでは説明不可能な差が存在することを明らかにし、分散液の粘度を決定する本質的な要因はモンモリロナイト粒子のアスペクト比あるいは粒子径にあることを示している。

第5章では、モンモリロナイト粒子のアスペクト比と分散液の粘度との関係について詳細な検討を行っている。まず、球形コロイド分散系の粘度に関する Einstein の粘度式、次にそれを板状粒子、棒状粒子に拡張して、固有粘度とコロイド粒子のアスペクト比(軸比)とを関連付けた Simha の研究、さらに、モンモリロナイトの粒子径分布、粒子形状、分散液単位容積当たりの粒子数、アスペクト比、などと分散液の粘度とを関連付けた先行研究を調査、整理した。そして、山形産ベントナイトの均質な分散液から精製したモンモリロナイト試料ほか計7点のモンモリロナイト試料について、それぞれ、精製しただけの試料(無処理試料)および脱炭酸塩・Na 交換処理を行った試料を用いて、化学的および物理的特性を測定するとともに、試料の水分散液の粘度を測定した。そして、モンモリロナイト粒子のアスペクト比を、AFM による方法と、モンモリロナイトの希薄分散液の粘度から求める方法との2通りの方法で測定した。

モンモリロナイト粒子のアスペクト比と分散液の粘度との関係について、無処理試料においては両者の間に明白な相関を認めることはできなかった。脱炭酸塩・Na 交換処理を行った試料においては、モンモリロナイト粒子のアスペクト比と、分散液の粘度との間に明白な相関を認めることができ($R^2=0.93$)、モンモリロナイト/水分散液の粘度を決定する本質的な要因は、モンモリロナイト粒子のアスペクト比であることが確認された。

第6章では、モンモリロナイト粒子のアスペクト比と、ベントナイトの用途とを関連付けた。ベントナイトの用途は極めて広範囲に亘るが、ベントナイトに含まれているモンモリロナイト粒子のアスペクト比を測定することにより、そのベントナイトがどのような用途に適しているかを迅速に、しかも的確に予想することが可能となることを示した。これまでは、ベントナイト、モンモリロナイトの特性、品質を産地で表すことが広く行われてきたが、本研究の成果を活用すれば、ベントナイト、モンモリロナイトの特性、品質を定量的に評価することが可能となることが示されている。

第7章は本研究で得られた知見を総括して結論としている。

これを要するに著者は、外的な要因を可能な限り除いて精製したモンモリロナイト試料を用いて、モンモリロナイト/水分散系の粘性とその影響要因について詳細な検討を行い、その粘性を決定する本質的な要因はモンモリロナイト粒子のアスペクト比であることを明らかにし、ベントナイトおよびモンモリロナイトの種々の利用にとってアスペクト比評価が重要であることを示したものであり、粘土資源工学の発展に寄与するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。