

## 粒子サイズを考慮した粘土の微視構造の定量化手法に関する研究

芝浦工業大学

(学)児玉 潤 (フェロ-)足立 格一郎

(学)山下 佳子 緒方 浩史 最首 博之

### 1. 研究目的

粘土の微視構造を定量的に解釈することは非常に重要なテーマの一つである。これまで本研究では表面凹凸の解析に  $S_m$  値およびフラクタル次元の2つの定量化手法を用いて解析を行い、断面形状を数値的に示すことができた。しかしこれらの定量化手法から得られる数値はある測定範囲でのものを示したものであり、実際には測定条件によって大きく値を変えてしまうため、判断が難しい場合が多い。そこで、本研究では粒子サイズの大きく異なるイライト、カオリナイトの2つの試料を用い、様々な測定条件のもとで解析を行った。これにより、特に粒子サイズに着目して定量化における最適な測定条件の導出を試みた。

### 2. 研究方法

**試料の作成:** 本研究で用いたイライト、カオリナイトの粒径加積曲線を図1に示す。これらをスラリー状にした後、2つの圧密試験機に流し込み載荷した。載荷荷重は9.8, 19.6, 39.2, 78.4, 156.8, 280kPaの順で行い一旦9.8まで除荷を行ったものと、その後再び荷重増分比1で1256kPaまで圧密して除荷したものの2つを定量化試料とした。**顕微鏡測定:** 本研究ではレーザーによる非接触式形状測定が可能な超深度形状測定顕微鏡を用いて断面の凹凸を測定した。測定の際のレンズ倍率は10, 20, 50, 100, 200, 400倍(ただし200, 400は光学ズームによる推定倍率)で、試料の同一箇所を倍率を変えて測定した。測定の際には、試験後の試料を1cm×1cm×2cm程度のブロック状にカットし切れ目をいれ室温で空気乾燥させた後、切れ目に沿って人工的に割った断面を測定した。各試料とも最大主応力面に対して平行な断面(H断面)と、鉛直な断面(V断面)の2つの断面を測定した。測定は各断面で5箇所づつ行った。**解析手法:**  $S_m$  値およびフラクタル次元の2つの定量化手法を用いた。 $S_m$  値は値が小さくなるほどその断面が粗いことを示す値で、倍率100倍の断面データをもとに基準長さを2, 5, 10, 20, 40, 80  $\mu\text{m}$ に変化させて測定した。1断面ごとにランダムに5箇所のデータを計測し、計25個の値の平均値を結果として示している。フラク

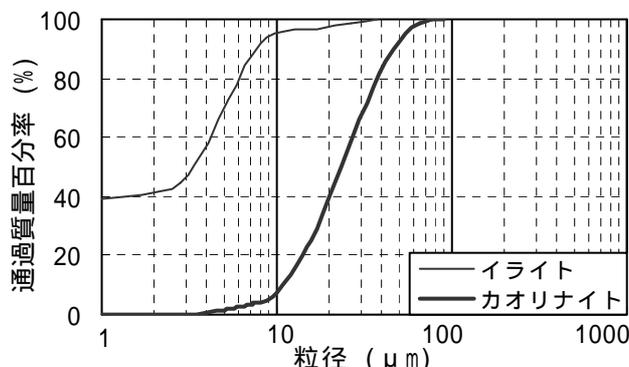
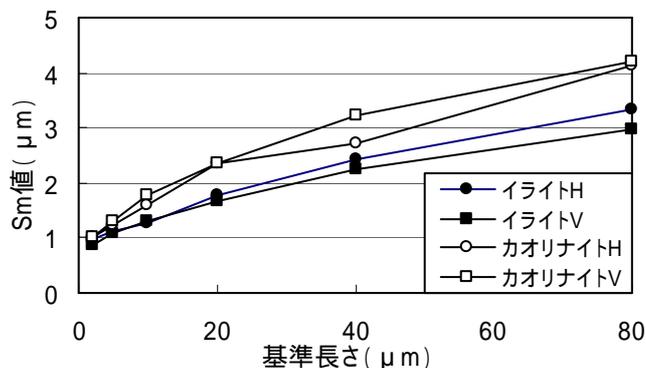
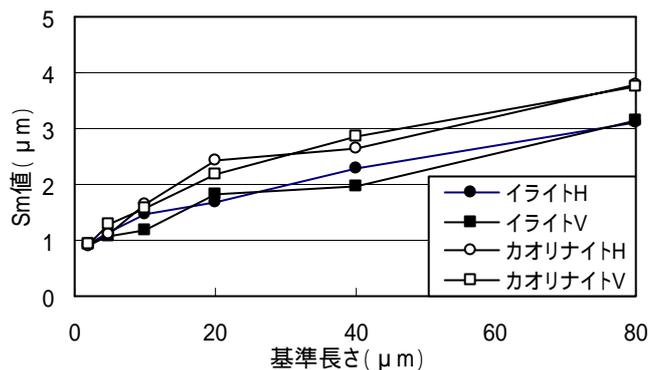


図1 粒径加積曲線

図2  $S_m$  値と基準長さとの関係 (圧密前)図3  $S_m$  値と基準長さとの関係 (圧密後)

タル次元値は値が大きくなるほどその断面が複雑(粗)であることを示す値であり、各測定倍率から得られる断面を12分割して各々解析を行い計60個のデータの平均値を結果として示した。なお、各手法の詳細については

キーワード 粘土, 微視構造,  $S_m$  値, フラクタル, 定量化

連絡先 〒108-8548 東京都港区芝浦3-9-14 TEL 03-5476-3048 FAX 03-5476-3166

別途文献 1), 2) 等を参照されたい。

3. 解析結果

Sm 値：Sm 値測定において重要な要素は基準長さの設定であり，この基準長さが異なると Sm 値も変化する．圧密前後における Sm 値の結果を図2および図3に示す．これらが示すように，基準長さが大きくなるにつれてどの試料も Sm 値が増加しているのがわかる．図4には例として，基準長さ 80 μm でのイライト，カオリナイトの粗さ曲線をそれぞれ示している（水平断面，圧密前）．基準長さが 80 μm になると曲線に波長の長いうねりが生じて，波長の短い小さな凹凸はほとんど Sm 値に反映されなくなる．すなわち凹凸の変化の激しいうねりの部分が断面曲線に含まれるほど Sm 値も大きくなるといえる．したがって，基準長さを大きくするほど，うねりの影響も大きくなり Sm 値が増加することが考えられる．イライトとカオリナイトでは基準長さが 10 μm 以上ではっきりと両者の Sm 値に差が現れており，その傾向は基準長さが増加するにつれて大きくなった．これは粒子サイズの大きいカオリナイトでは，比較的波長の長い変化（うねり等）が生じやすく，イライトに比べて Sm 値を押し上げていることが考えられる．その影響もカオリナイトの粒径に近い 10 μm 以降ではっきりと現れるようになる．現時点では Sm 値が粘土の微視構造を的確に表現できる指標なのか否か判断しがたい．

フラクタル次元：図5および図6に圧密前後のイライト，カオリナイトのフラクタル次元値を示す．両試料とも倍率が上がるにしたがってフラクタル次元値は減少しており，倍率50倍以上でほぼ安定した値を示す．図7には倍率200倍でのフラクタル次元値を示している．イライトのフラクタル次元値は鉛直断面に比べて水平断面の値が小さく水平断面がやや平坦であることを示している．圧密後はさらにその傾向が大きくなっており，圧密前後の構造の変化が工学的に説明できる結果となった．カオリナイトも倍率50倍程度でほぼ安定する．しかし，イライトに比べると粒子がほとんどシルトサイズであり，工学的に判断が難しい結果となった．したがって，カオリナイトは微視構造の工学的特性の検討対象として適切な材料であるかを含めて更なる検討を要する．今後は周波数分析などを行い，より具体的な原因の追究を行う予定である．

参考文献

- 1) JIS B0601 表面粗さ - 定義および表示
- 2) 足立格一郎他: 粘土の微視構造のフラクタル次元解析, 土木学会第56回年次学術講演概要集, -A165, pp.330-331, 2001

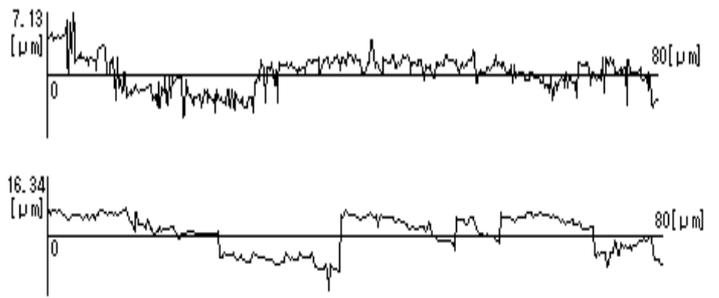


図4 粗さ曲線（上：イライト，下：カオリナイト）

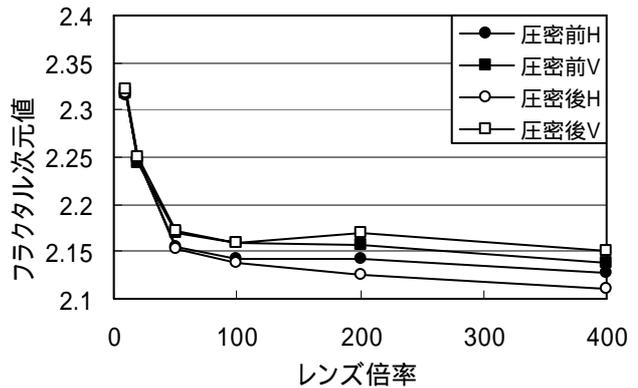


図5 フラクタル次元値と倍率の関係（イライト）

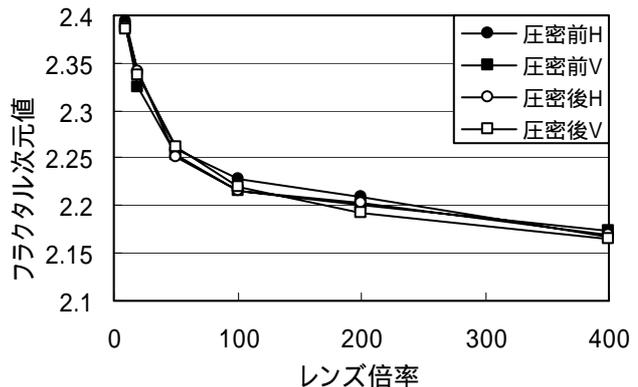


図6 フラクタル次元値と倍率の関係（カオリナイト）

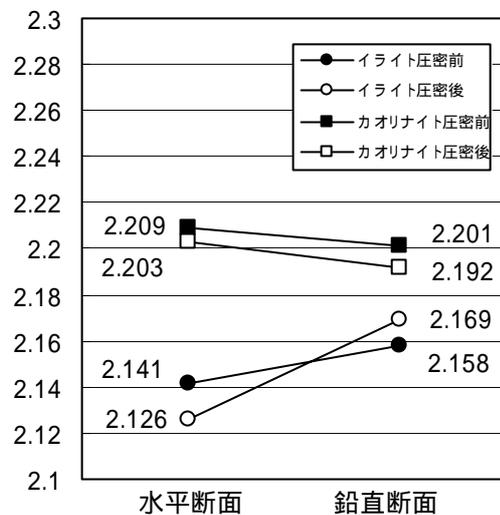


図7 倍率200倍でのフラクタル次元値