

底泥の巻き上げに伴う底泥表層部の変化について

岩手大学工学部 学生員 ○牛袋昭宣

正員 海田輝之

正員 大沼正郎

正員 大村達夫

電子顕微鏡室 谷村一郎

1 はじめに 比較的柔らかい底泥(通常含水比で200%以上)が一定剪断応力下で巻き上げられる場合、巻き上げ速度が時間的に徐々に低下し、2時間程度経過すれば巻き上げが停止することを筆者ら多くの実験から示した¹⁾。さらに、巻き上げ速度の時間的な低下の原因として、底泥が剪断応力を受け流動し、残留底泥表層部の固体分率が増加することにより引き起こされることを示した²⁾。しかしながら、底泥の流動による固体分率の増加機構にまでは言及していなかった。本研究は以上の観点から、巻き上げ終了時に底泥を採取し、流れ方向に切った底泥の断面を透過型電子顕微鏡で観察し、底泥粒子の配向性から巻き上げ時の底泥表層部の挙動について検討したものである。

2. 実験装置及び方法

(1)巻き上げ実験及び試料の採取 巻き上げ実験はアクリル製の循環式可変配排水路(全長6m、幅20cmで下流部に試料を数くための凹部を有する)を用いた。凹部は長さ2mで、深さは2cmとした。試料としては市販カオリン(Engelhard ASP 600、比重2.66、平均粒径 $0.64\mu\text{m}$)を含水比200%に調整したものを用いた。試料の粒度分布を図-1に示す。実験はまず、上面に半円状のシリコンを塗布したガラス板(15cm角、1.5mm厚)を水路凹部に置き、その上から試料を一様に敷いて、数分経過後、時点ごとに、せん断応力 $\tau = 0.364\text{N/m}^2$ で2時間水を流した。実験終了後、浮遊しているカオリンを除くため上流端より1分間は清水を流し、その後、環状にしたアルミ板(直径5cm、高さ4cm)を鉛直上方より静かに押し込みガラス板上のシリコンに圧着させ、これを静かに引き上げた。

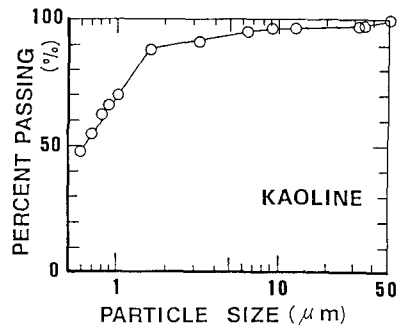


図-1. 粒度分布

(2)検鏡試料の作製(脱水、包埋、薄切、載物)及び観察、撮影³⁾⁴⁾ 脱水はエタノールにて行なった。試料を採取した時点でカオリン上には1cmほどの水の層があり、この上より注射器で静かにエタノールを入れ等量分を注出する操作を繰り返した。注入するエタノールの濃度は20%から徐々に上げて、100%エタノールに置換した。包埋はスチレンとn-ブチルメタクリレートとの2:3混合液に溶解³⁾として1%過酸化ベンゾイルを加えたモノマーで行なった。脱水の場合と同様にエタノールにモノマー=1:1から徐々にモノマー比率を上げて100%として、カオリン層内のエタノールが完全にモノマーと置換されるようにした。これを55℃にセットした電気恒温器へ入れ、3日間重合、固結させた。試料を採取してから固結までに要した日数は15日であった。次に流れ方向と平行に観察面がくるようにしてマイクロームを用い薄切を行なった。(切片厚は90~150 μm)切片を載せるメッシュはコロジオン支持膜と張った4スリットメッシュを用いた。これに試料載物後、カーボンで真空蒸着して補強した。試料の観察は透過型電子顕微鏡を用いて行ない、カオリン表層から深さ方向に2,000倍で撮影し、これを242倍で焼いた写真を用意して、粒子配向性をさぐってみた。

3. 実験結果及び考察

写真-1,2に例として流れ方向に切った断面の電顕写真を示す。写真-1は表層より0.2mmの深さ写真又は2.0mmの深さから下部分であり、水の流れは写真上では右から左である。粒子の配向性としては底泥内で三次元配置をすると考えられるが、ここでは流れ方向のみについて考えることにし、二次元的にとらえ、図-2に示したよう

に水平方向から θ 角度 θ ($-90^\circ \leq \theta < +90^\circ$) を、 $\Delta\theta = 5^\circ$ 間隔で測定して、

この θ の分布により配向性を表わすことにする。粘土の構造単位としては個々の粒子、ドメイン、クラスター、パッドがあるが⁵⁾ここではドメインとクラスターを単位として考えることにする。図-3、4はそれぞれ写真-1、2の上下100 μm の範囲から得たドメイン及びクラスターを単位とした場合の θ の分布を示したものである。縦軸は各 $\Delta\theta$ の個数を全個数 Σni で正規化している。これより、 $\pm 30^\circ$ の範囲に8割程度が入り、流れ方向に配向していることが解る。またクラスターの方がドメインよりも若干配向性が高く、表層部に近い方(写真-1、図-3)がクラスターでもドメインでも配向性が高くなっている。写真-1より写真-2の方がクラスターの形成率は高いように見える。

以上の観察結果及び本論文第1節から底泥の巻き上げ時の残留底泥表層部では以下のような機構が生じていると考えられる。まず、底泥は流水により剪断応力を受け、巻き上げられると共に剪断により底泥は下流方向に移動する。この移動と圧密により、残留底泥表層近くの粒子はドメインより上の段階で流れ方向に配向するようになる。一般に固体分率が同じであれば、配向した底泥の配向方向に対する剪断強度は配向していないものより小さくなる。一方で配向に伴いドメイン間のマクロな空けきが小さくなり固体分率が増加する。底泥の巻き上げ時には後者の方、即ち、固体分率の増加による強度の増大の方が大きく寄与し、巻き上げ速度の低下を引き起こすと考えられる。

4. おわりに 試料の採取と脱水、包埋についてはまだ改良すべき点があり、今後さらに研究を進めていきたい。

- 参考文献 1) 海田他、底泥の巻き上げ量及び巻き上げ速度に関する研究、水工学誌 50、T. UMITA et al.: A model of Soft Cohesive Sediments, P. 191-192, Pro. of the 3rd International Symposium on River Sedimentation, P. 1658-1667, 1986
2) 串田 弘著: 電子顕微鏡の試料作製法、ニューサイエンス
4) 佐藤裕一: 泥層分子の配向構造について、農学会論文集 95号、P. 50-56, 1987
5) R. M. ヤング: 新編土質工学の基礎、鹿島出版会、1977。

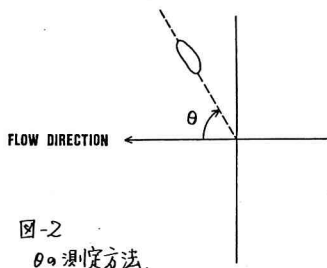


図-2 θ の測定方法。

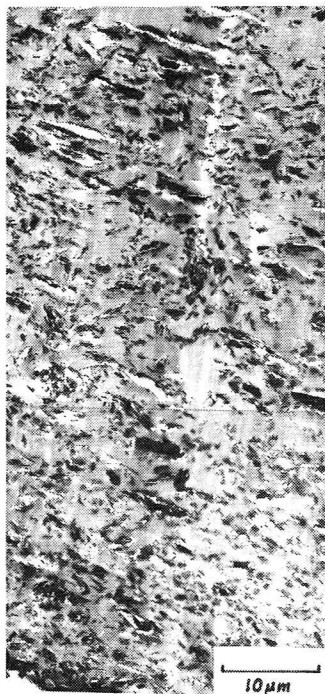


写真-1. 表層から0.2mmの断面
(どちらも1/35倍)

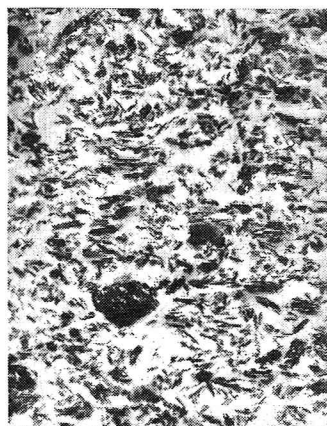


写真-2. 表層から2.0mmの断面。

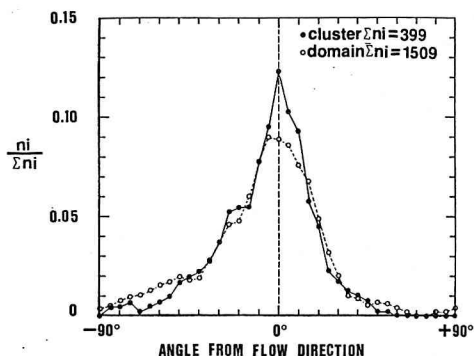


図-3. 写真-1近辺の配向度分布

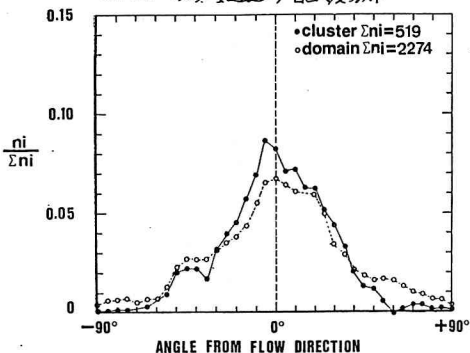


図-4. 写真-2近辺の配向度分布。