

II-430 底泥の巻き上げに伴う底泥表層部の 変化について

大林道路K.K 正員 牛袋昭宣

岩手大学工学部 正員 海田輝之 大沼正郎 大村達夫

岩手大学電子顕微鏡室 谷村一郎

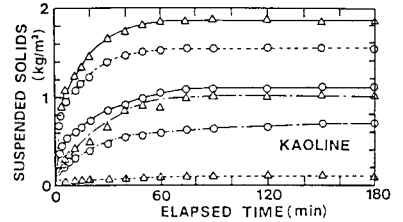
1.はじめに 比較的柔らかい底泥(通常含水比で200%以上)が一定剪断応力下で巻き上げられる場合、図-1に示したように巻き上げ速度が時間的に徐々に低下し、2時間程度経過すれば巻き上げが停止した¹⁾。さらに、巻き上げ速度の時間的な低下の原因として、底泥が剪断応力を受け流動し、残留底泥表層部の固体分率が増加することにより引き起こされることを示した²⁾。しかしながら、底泥の流動による固体分率の増加機構にまでは言及していなかった。本研究は以上の観点から、巻き上げ終了時に底泥を採取し、流れ方向に切った底泥の断面を透過型電子顕微鏡で観察し、底泥粒子群の配向性から巻き上げ時の底泥表層部の挙動について検討した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

2.実験装置および方法

①巻き上げ実験および試料の採取 巻き上げ実験はアクリル製の循環式可変勾配開水路(全長6m, 幅20cmで下流部に試料を敷くための凹部を有する)を用いて行なった。凹部は長さ2m, 深さ2cmである。試料としては、市販カオリン(Engelhard ASP600, 比重2.66, 平均粒径 $0.64\mu\text{m}$)を含水比300%に調整したものを用いた。試料の粒度分布を図-2に示す。実験はまず、上面に半ねり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、敷き終わった時点でただちに、剪断応力 $\tau=0.364\text{N/m}^2$ で2時間通水した。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分間ほど清水を流し、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。

②検鏡試料の作製(脱水, 包埋, 薄切)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程水の層があり、この上より注射器で静かにエタノールを注入し、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⁵⁾の2:3混合液に触媒として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:モノマー=1:1から徐々にモノマーの比率を上げて100%とし、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て、3日間で重合、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日間であった。そして次に、流れ方向と平行に観察面がくるようにしてミクロトームを用いて薄切を行なった(切片厚は $0.09\sim 0.15\mu\text{m}$)。切片を載せるメッシュはコロジオン支持膜を張った4スリットメッシュを用いた。これに試料載物後、カーボンを真空蒸着して補強した。検鏡試料の観察は透過型電子顕微鏡(日立製H-800)で行ない、カオリン表層から深さ方向に2000倍で撮影し、これを2.42倍に焼いた写真を用意して、粒子群の配向性を測定した。

3.実験結果および考察 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-2は2.0mmの深さあたりの部分であり、水の流れは写真上でほぼ右から左である。粒子の配向性としては、底泥内で三次元配置をされると考えられるが、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-3に示したように水平方向からの角度 θ ($-90^\circ \leq \theta < +90^\circ$)を、



	$\tau(\text{N/m}^2)$	$W(\%)$
○—○	0.225	400
○—○	0.272	
○—○	0.324	
△—△	0.064	610
△—△	0.100	
△—△	0.144	

図-1 SSの
経時変化

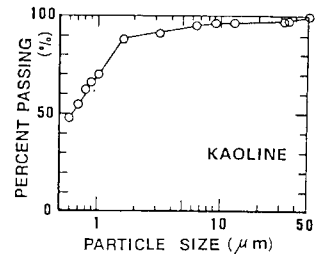


図-2 試料粒度分布

$\Delta\theta=5^\circ$ 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、ベッドがある⁵⁾。しかし、ベッドのような肉眼で観察できるほど大きな構造単位は、この場合存在せず、さらに、個々の粒子として存在するものもないということが知られている。よって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-4, 5はそれぞれ表層より0.2~0.3mmと2.0~2.1mm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 $\Delta\theta$ での個数を全個数 $\sum n_i$ 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わかる。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、表層部により近い方がクラスターでもドメインでも配向性は高くなっている。さらに、写真-1よりも写真-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隙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、すなわち、固体分率の増加による強度の増大の方が大きく寄与して、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、土木学会東北支部pp191-192, 昭和60年度 2)T.Umita, et al: A model of soft cohesive sediments, 3rd International Symposium on river sedimentation, pp1658-1667, 1986 3)串田弘：電子顕微鏡の試料作製方法、ニューサイエンス社 4)佐藤裕一：吸着水分子の配向構造について、農土学会論文集95号, pp50-56, 1981 5)R.N. ヤング：新編土質工学の基礎、鹿島出版会, 1977

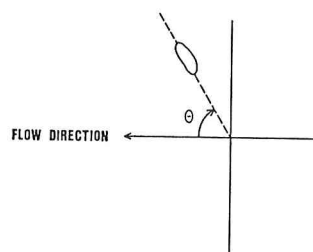


図-3 θ の測定方法

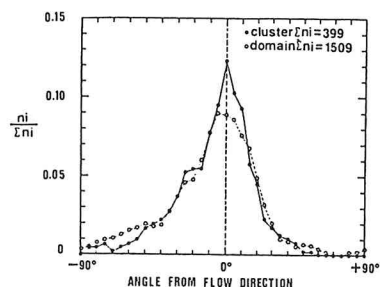


図-4 配向度分布(表層から0.2mm)

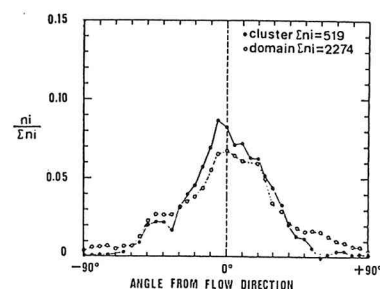


図-5 配向度分布(表層から2.0mm)

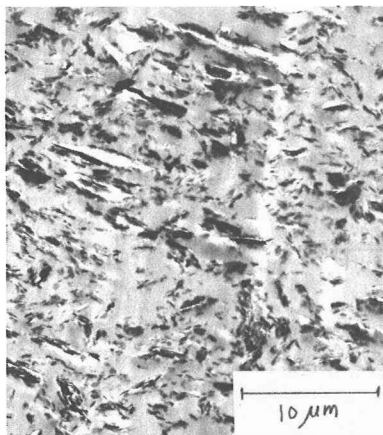


写真-1
(表層から0.2mm)

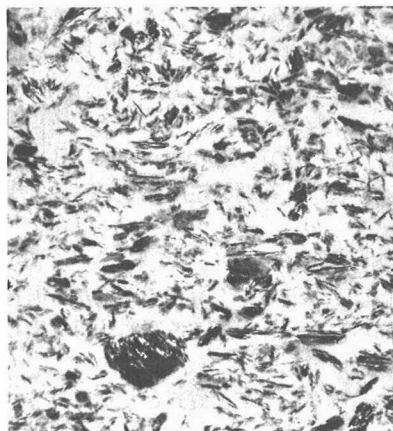


写真-2
(表層から
2.0mm)