

1. はじめに 底泥の巻き上げによる水域の懸濁化、及び浮上底泥粒子の輸送に伴う底泥に吸着された有機物や有害物質の拡散は、水環境全般にわたって悪影響を及ぼす。底泥の主成分は、シルト及び粘土であり凝集性を有する事等により、物性も非常に複雑である。しかし、水域の環境保全的観点に行なうには、底泥の巻き上げ機構を早急に解明しなければならない。以上の観点に基づき、著者らは粘着性を有する底泥のマクロ的強度と限界掃流力との関係や巻き上げ速度等について基礎的研究¹⁾を行って来た。本研究では、自然沈降させた底泥について含水比及び粒度分布の鉛直分布を求め、さらに回転円形水路により巻き上げ実験を行ない、巻き上げられた底泥の濃度及び粒度分布を求め、若干の考察を加えたものである。

2. 実験装置及びその方法 実験に使用した装置(図-1)は、外径110cm、内径90cm、高さ25cmのアルミ製回転円形水路と外径108cm、内径91cmの発泡スチロール製リングよりなっている。円形水路では半径方向の二次流が発生するが、本研究では水路とリングを逆方向に回転させ、二次流の影響が底面で最小となるような水路とリングの回転速度の操作曲線を求めた。底面セン断力は、リングに動くセン断力を予め静的にギャリブレーションしたバネをリングの支柱に取り付け、そのバネの伸びより測定し、式で求めた。

$$C = \frac{A_r}{A_b + A_w} C_r$$
 但し、 C : 底面セン断力、 C_r : リングセン断力、 A_r : リング断面積、 A_b : 水路底面積、 A_w : 水路壁面積。実験に際しては、試料を30%の濃度で一様に分散混合させた後、72時間自然沈降させ、その後水深を15cmにした。実験開始時の底泥の含水比及び粒度分布の鉛直分布は、自作の沈降筒に水路中の汚泥と同濃度、同水深となるように、一様に混合させた後の汚泥を注入し72時間自然沈降させ、沈降した底泥を鉛直方向にスライスカット方式で採取することにより求めた。5種の掃流力について巻き上げ実験を行ない、壁面より水深方向に採水し浮遊物質濃度及び粒度分布の時間的変化を測定した。また、初期濃度2000mg/l、掃流力0.5%で沈降実験を行ない浮遊物質濃度及び粒度分布の時間的変化を測定した。なお、浮遊物質濃度は濁度計及びメンブレンフィルター(0.1μ)で粒度分布の測定は顕微鏡写真により行なった。実験に使用した試料は、福岡市中洲地下鉄工事現場より採取した粘性土で、比重2.73、有機物含有量9.3%、塑性指数35.9である。

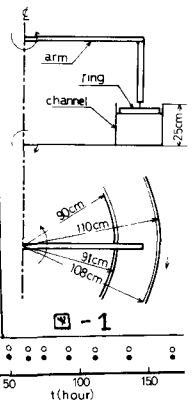


図-1

3. 結果及び考察 図-2に1メスシリンダーで行なった沈降テストの結果を示す。初め汚泥は明瞭な界面を形成せず、ほぼ10時間後から明瞭な界面をとり圧縮沈降を示すようになる。また底泥厚さは60時間以後ではほぼ一定になっている。本研究では、沈降が終了した時点を対象とし、沈降時間は72時間とした。図-3,4に72時間沈降後の底泥の含水比 w 及び粒度分布の鉛直分布を示す。底泥の含水比は、表層が大きく、深さ方向に圧縮されて小さくなり、粒度分布は底泥下層の方が広く、平均径も小さくなっている。以上の結果より自然沈降した底泥の巻き上げには、底泥の沈降時間、含水比及び粒度分布の鉛直分布を考慮しなければならないと考えられる。また、本研究においては、いったん巻き上げられた底泥は顕微鏡下の観察により、ほぼ単粒子として存在しており、塩分を含む場合等を

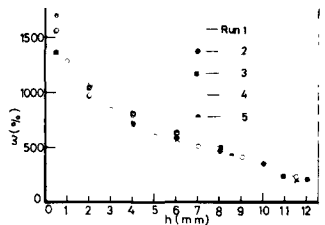


図-2

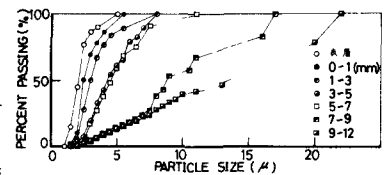


図-3

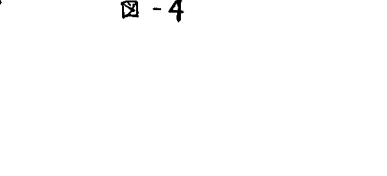


図-4

際いてフロック化は無視して良い様である。図-5,6はセン断流下での沈降実験における濃度及び粒度分布の時間的変化を示したものである。濃度の減少速度は時間とともに小さくなくなり、濃度は一定値に落ちつく様である。また浮遊している粒子の径は徐々に小さくなり、粒子径の大きいものから沈降している様である。次に、巻き上げ実験において、掃流力が 1 mg/cm^2 以下では水路の回転と同時に灰白色の雲状のモヤが発生する。このモヤは流動性がよく、波動の峰が碎けることにより極所的に巻き上げられる。また、表-1に示した様にモヤがなくなるまでの時間は掃流力が大きくなるに従って短くなり、厚さも薄くなる。掃流力が 4 mg/cm^2 ではモヤは発生しなかった。底泥表層 1 mm 程度の含水比の高い部分は灰色に変色していた。この変色部分は、時間の経過とともに、 $2 \sim 3 \text{ mm}$ に厚くなったが流動性はなかった。図-7,8に巻き上げられた底泥の濃度 C と粒度分布の時間的変化を掃流力をパラメーターとして示す。

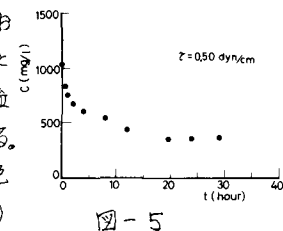


図-5

水深方向の濃度分布及び粒度分布は、巻き上げの初期を除いてほぼ一定であった。濃度は実験開始後から急激に増加しており掃流力が大きいほど、この傾向は顕著になることがわかる。巻き上げられた粒子の径は、掃流力が大きくなるに従って大きくなっている。また図-7において、掃流力が $0.25, 0.50 \text{ dyn/cm}^2$ の時は、モヤがなくなるのとはほぼ同時に濃度は一定となっている。これは、沈降筒での表層の粒度分布(図-4)と巻き上げられた底泥の粒度分布(図-8)がほぼ同じであることより、低掃流力の場合には、底泥の極く表層の含水比の高い部分のみで起こり、それ以上は巻き上げられない為と考えられる。掃流力が 0.75 mg/cm^2 以上では、濃度は鉛直方向の含水比を一定に調整した底泥を敷いた場合と異なり、二段階に増加し、その後一定になっている。セン断流下で浮遊状態にある粒子の方(図-6)が、巻き上げられた粒子(図-8)より明らかに大きい事から、巻き上げられた粒子の再沈降は起こらず、掃流力が 0.75 mg/cm^2 以上において、濃度が一定になった時に巻き上げが停止したと思われる。表-2には濃度から換算した単位面積当りの最大巻き上げ量 M と、図-3の沈降筒で求めた深さ方向の含水比より計算した巻き上げ深さ H を示した。巻き上げ深さは掃流力の増加とともに大きくなっている。しかし、図-4での H 以上に相当する粒度分布と巻き上げられた底泥の粒度分布(図-8)を較べると、掃

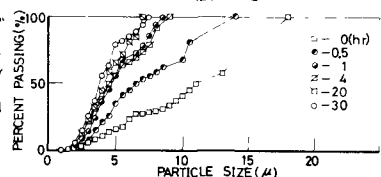


図-6

流力が大きいもの程、前者の方が最大径、平均径とも大きくなっている。つまり、自然沈降した底泥においては、掃流力が大きくなると底泥表層から深さ方向に徐々に巻き上げられず、底泥の表層近く及びその下層の粒子径の小さな粒子が、やはり選択的に巻き上げられていると考えられる。以上より、底泥の巻き上げにおいては水流と底泥との相互作用による粒子の分級作用が、重要な要素となっていると思われる。またこの作用と底泥表層の灰色の変色部分厚の増加現象や図-7に示した第一段階での巻き上げの停滞時間が、掃流力が大きくなる程短くなるという様な、時定数の低下現象との関係をさらに研究する必要があると考えられ、この点については、今後の研究課題としたい。

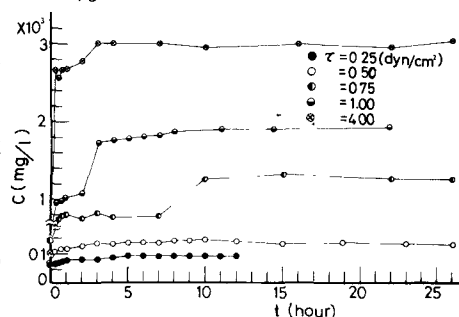


図-7

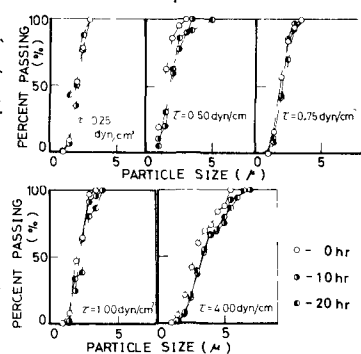


図-8

表-1

τ (dyn/cm^2)	モヤの厚さ(mm)	モヤの消失時間
0.25	2~5	5 hr
0.50	2~3	3 hr
0.75	1.0	45 min
1.00	0.5	40 min
4.00	—	—

表-2

τ (dyn/cm^2)	巻き上げ量 M (mg/cm^2)	巻き上げ深さ H (mm)
0.25	0.39	—
0.50	1.17	0.5 以下
0.75	17.4	2.35
1.00	26.7	3.10
4.00	43.4	4.70

参考文献: (1) 異田 楠田 海田: 底泥の巻き上げに関する基礎的研究 1977.1 第15回 衛生工学研究村年会 論文発表 P24~26