

1.はじめに 河口や閉鎖性内湾に形成される泥質干潟は多様な生物の楽園になっていることが多く、その形成維持機構の把握は重要な問題となっている。このため粘着性底質の洗掘や移動現象について研究が行われてきたが、含泥率または砂混合率の違いによる洗掘限界の変化を調べる研究は芦田ら<sup>1)</sup>や著者ら<sup>2)</sup>のほかあまり行われていない。そこで、砂混合率を0~80%の間で変化させた粘着性底質に対する洗掘実験を行い、砂混合率の違いによる洗掘限界の変化を調べた。また外力には巻き波砕波による干潟泥の洗掘現象を単純化したものとして鉛直噴流を用いた。

2.実験方法 図1のように水槽底部両側に高さ3cm、長さ39.5cmの亚克力板を敷き、その間に底泥試料を敷設し粘着性底質の洗掘実験を行った。噴流流速を段階的に変化させ、底質表面のひび割れが急激に拡大し始める洗掘限界を測定した。底面に作用する流体力を測定するため、ノズル直下とその左1.0cmの位置に圧力計(直径1cm, 三計エンジニアリングP310-01)を設置し、固定床で圧力測定を行った。また底質のせん断強度は外筒回転型ベーン試験装置で測定した。底泥試料にはカオリナイト(ASP600,  $d_{50}$ :4.2 $\mu$ m, 比重2.67)に、砂分として塩化ビニル樹脂粉末( $d_{50}$ :0.1mm, 比重1.25)または石川ライト( $d_{50}$ :0.218mm, 比重2.08)を混合した。砂混合率は全重量に対して0%~80%の9段階に変化させた。

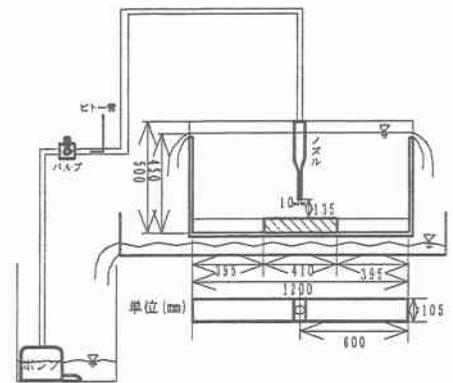


図1 実験装置

### 3.実験結果

#### (1)砂混合による粘着性底質のせん断強度変化

著者ら<sup>2)</sup>は粘着性底質のせん断強度が底質を構成する土粒子1個あたりに付着する水膜の平均厚さ $t$ と密接な関係があること、同一含水比でも粒度分布によって $t$ が変化することを明らかにしている。本実験のように粘土と細砂の2粒径の場合、全体に占める砂の重量割合を $m$ とすると平均付着水厚さ $t$ は次式で求められる。

$$4\left(\frac{m}{d_s^3\gamma_s} + \frac{1-m}{d_c^3\gamma_c}\right)t^3 + 6\left(\frac{m}{d_s^2\gamma_s} + \frac{1-m}{d_c^2\gamma_c}\right)t^2 + 3\left(\frac{m}{d_s\gamma_s} + \frac{1-m}{d_c\gamma_c}\right)t - \frac{W}{2\gamma_w} = 0 \quad \dots\dots (1)$$

ここで、 $d_s, d_c, \gamma_s, \gamma_c$ はそれぞれ砂、粘土の粒径および単位体積重量、 $W$ は含水比である。石川ライト混合泥について式(1)から得られた $t$ とベーンせん断強度 $\tau_{yv}$ の関係を図2に示す。図より $m < 50\%$ では概ね

$$\tau_{yv} = \tau_{yvLL} (t/t_{LL})^{-5} \quad \dots\dots (2)$$

のように $\tau_{yv}$ は $t^{-5}$ に比例することがわかる。なお、 $t_{LL}$ と $\tau_{yvLL}$ は液性限界に対する付着水厚さとベーンせん断強度である。 $m > 50\%$ では粒状体としての特性が強まり、 $m < 50\%$ に対する直線からずれている。なお粘着力として van del Waals 力が支配的である時には $\tau_{yv} \propto t^{-5}$ の関係が成立する。

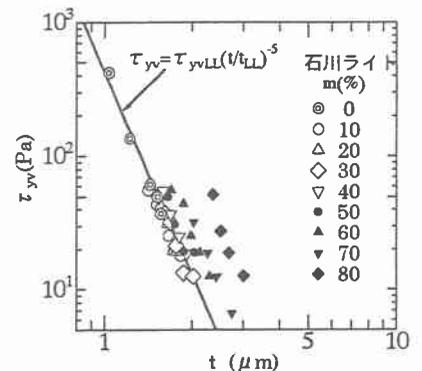


図2 ベーンせん断強度とtの関係

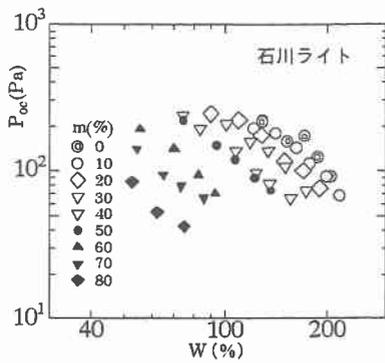


図3  $P_{0c} - W$  の関係

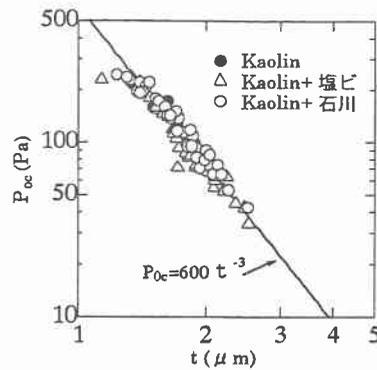


図4  $P_{0c} - t$  の関係

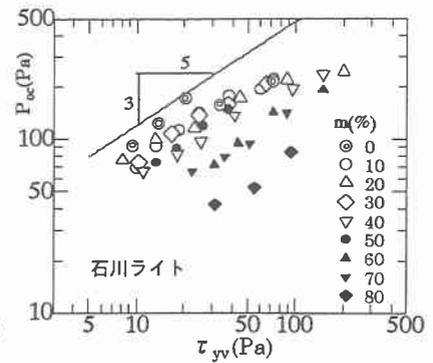


図5  $P_{0c} - \tau_{yv}$  の関係 (石川ライト)

## (2)鉛直噴流による洗掘限界

噴出口流速  $u_0$  と噴流直下の底面に作用する圧力とで  $P_0 = 0.385\rho u_0^2$  の関係が得られた。そこで、洗掘限界流速より洗掘限界底面圧力  $P_{0c}$  を評価した。図3は石川ライト混合泥についての  $P_{0c}$  と含水比  $W$  の関係である。含水比の低下または砂混合率の減少に伴い、せん断強度が増し、洗掘限界が大きくなる。次に平均付着水厚さと洗掘限界圧力との関係を図4に示す。この図にはカオリナイト粘土、塩化ビニル混合泥 ( $m=20\sim 80\%$ )、石川ライト混合泥 ( $m=10\sim 80\%$ ) の3種類をプロットしているが、概ね式(3)のような

$$P_{0c} = 600t^{-3} \quad (P_{0c}; \text{Pa}, t; \mu\text{m}) \quad \dots\dots(3)$$

$$P_{0c} = P_{0cLL} \left( \tau_{yv} / \tau_{yvLL} \right)^{0.6} \quad \dots\dots(4)$$

関係がある。したがって式(2)と(3)より、 $P_{0c}$  と  $\tau_{yv}$  の間には式(4)の関係があることが推察される。ここで、 $P_{0cLL} (= 600t_{LL}^{-3})$  は液性限界の底質に対する洗掘限界圧力で粒度構成や有機物量などによって異なる値となる。石川ライト混合泥、塩化ビニル混合泥についてこの関係が成り立っているかをみてみると図5および図6のようになる。データはばらついているが、砂混合率が同じデータを見ると  $P_{0c} \propto \tau_{yv}^{0.6}$  の関係がほぼ成立していることがわかる。また式(4)に示されるように粒度構成の違いにより洗掘限界が異なっている状況が理解できる。

4. おわりに 砂混合率を大きく変えて、粘着性底質のせん断強度や洗掘限界がどのように影響を受けるかを検討したが、土粒子の平均付着水厚さを用いることにより、粒度構成の違いが両者に及ぼす影響をうまく説明することができた。しかし、洗掘現象の生じるメカニズムなどは触れておらず、さらに検討する必要がある。また本来波による洗掘現象を最終的なターゲットにしているため、非定常外力が作用した場合など課題は多く残されている。

謝辞：本研究は科学研究費・基盤研究(c)(2) (代表・中野晋，課題番号 10650509) の補助を受けて実施された。ここに付記して謝意を表す。

参考文献：1) 芦田・江頭・加本：山地流域における侵食と流路変動に関する研究(1)，京大防災研年報，第25号 B-2，pp.349-360,1982 2) 中野・喜田：底泥の降伏値・移動限界に及ぼす粒度分布の影響，水工学論文集，第41巻，pp.807-812, 1997。