

1. はじめに：汚泥の固液分離に関する研究は数多く、濃縮から高压の圧搾まで数々の研究報告がなされてきた。近年、省エネルギーの汚泥処理の研究が行われ、特に低圧力領域での汚泥の固液分離性が注目されているが、この圧力領域での汚泥物性は従来ほとんど解明されていない。本研究は、この低圧力領域における汚泥の圧縮性や透過能力を少量の試料でかつ簡便に定量評価できる方法として定率ヒズミ実験を行い、汚泥物性の解明と新しい省エネルギー処理への基礎的資料を与えようとするものである。

2. 定率ヒズミ圧密実験の解析方法：透水係数 K は Darcy 則より式 (2) のように表される。

$$\frac{1}{A} \cdot \frac{dV}{dt} = K \cdot \frac{1}{\rho_w g} \left(-\frac{dP_x}{dx} \right) \quad (1)$$

ここで、 A ；透過面積 (m^2)、 V ；ろ液量 (m^3)、 K ；透水係数 (m/sec)、 t ；時間 (sec)、 g ；重力加速度 (m/sec^2)、 ρ_w ；水の密度 (kg/m^3)、 P_x ；間隙水圧 (Pa)、 x ；試料厚 (m)。定率ヒズミ圧密過程中的試料に加わる力の釣り合いを図-1に示す。このとき試料にかかる上・下の有効圧力の平均値と空隙率の関係が一義的に決定できると仮定する。また、間隙水圧の差 ($-dP_x$) によって水の透過が起こるものと考えれば式 (1) より透水係数を求めることができる。このとき試料の平衡状態において評価されるべき透水係数、空隙率を、非平衡状態で離散的に推定するための誤差を基本的に含む。

3. 定率ヒズミ圧密実験：実験に用いた上水汚泥は、仙台市近郊の2ヶ所の浄水場濃縮槽より採泥した。A汚泥の粒子密度は $2340 kg/m^3$ 、強熱減量 26.2%、B汚泥では $2950 kg/m^3$ 、17.9% である。実験装置の概略を図-2に示す。圧力検出は小型圧力変換器（容量 $0.5 kgf/cm^2$ ）にて行い、試料厚の測定は下部ピストンの変位をダイヤルゲージで測定した。これらの出力電圧を AD 変換してマイコンに取り込み解析した。実験は試料上端を不透水面とし、下部を No. 5 C のろ紙を用いて透水面とした。定率ヒズミ速度は約 3/100、6/100、12/100、24/100 (mm/min) の4段階で、初期試料厚を 2 cm として実験を開始し、下部の圧力が約 49 K Pa ($0.5 kgf/cm^2$) となった時点でリミットスイッチが働き実験が終了する。その時点での汚泥内空隙率分布は、汚泥を 1 mm 程度にスライスし含水率を測定して求めた。

4. 実験結果および考察：図-3にそれぞれ A 汚泥の圧力の発現（○—透水面有効圧力、●—不透水面間隙水圧）を示す。ヒズミ速度が最も大きい（24/100 mm/min ）実験の結果は、A 汚泥、B 汚泥とも、不透水面の有効圧力（○と●の差に相当）が

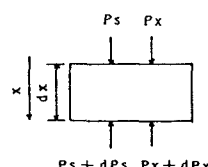
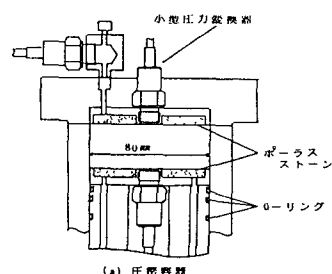
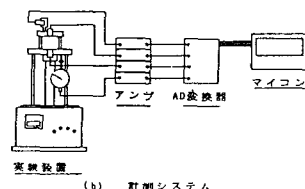


図-1 汚泥に加わる圧力



(a) 圧密装置



(b) 計測システム

図-2 実験装置

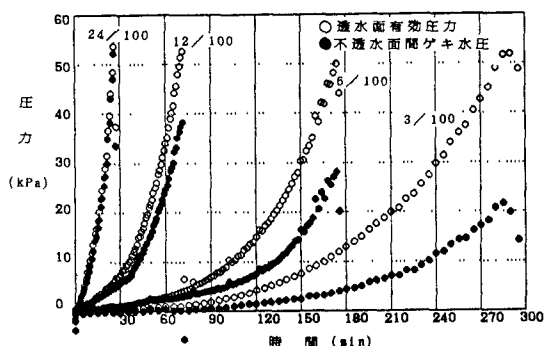


図-3 圧力の発現

ほとんど生じず、このような圧力の発現は汚泥の圧縮性による
 図-4は、実験終了時の汚泥内空隙率分布である。ヒズミ速度が大きい場合には、不透水面での空隙率の減少は小さく、透水面付近で急激に減少する。しかし、ある程度ヒズミ速度が小さければ、みかけ上均一なケーキを形成しながら脱水が進行する。この傾向は、A汚泥において顕著であり、A汚泥の方が圧縮性の低い汚泥であるといえる。図-5は有効圧力と空隙率の関係を表したもので、それぞれのヒズミ速度で有効圧力と空隙率が一義的に決定されるものとして求めている。ヒズミ速度の違いによりこの関係が大きく異なるのは、有効圧力に対する空隙率の平均化に問題がある。非常にヒズミ速度を遅くした系を考えれば有効圧力と空隙率はみかけ上平衡関係を保ちながら変化していくと推定されるが、実際3/100(mm/min)と6/100(mm/min)の曲線がほぼ一致することから、汚泥固有の有効圧力と空隙率の関係はある程度ヒズミ速度を小さくした実験結果より有効に近似できると考えられる。ヒズミ速度が大きい場合には、加わる圧力に対する圧縮の遅れが大きくなり、みかけ上高い空隙率で平衡となるとも推定できる。図-6は透水係数と空隙率をKozeny-Carman型で表したものととの関係である。A汚泥、B汚泥とも空隙率の大きい部分で直線で近似することが可能である。図中、実線は楠田らが汚泥の沈降濃縮実験より求めた透水係数である。楠田らが定義した関数型と同様の挙動を示し、A汚泥は、オーダーとしてもほぼ一致する。図-5、図-6より、ヒズミ速度を比較的遅くして定率ヒズミ実験を行うことにより汚泥固有の性質である透水性、有効圧力と空隙率の関係を評価できる可能性が示された。

5. おわりに：今回の報告

のように求められた、透水係数、有効圧力と空隙率の関係を圧縮透過実験による厳密な測定結果と比較して精度を確認するとともに圧密方程式を用いて（圧密係数を算定して）数値計算等により評価していきたい。

参考文献）楠田ら：「汚泥の沈降濃縮に関する研究」土木学会論文集，第294号（1980.12）

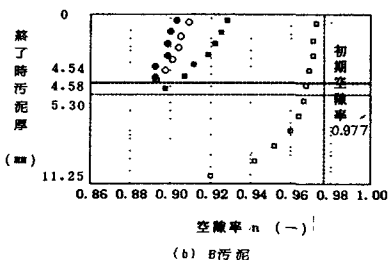
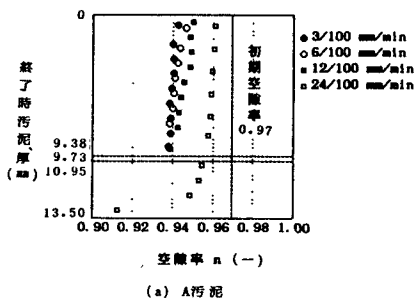


図-4 汚泥内空隙率分布

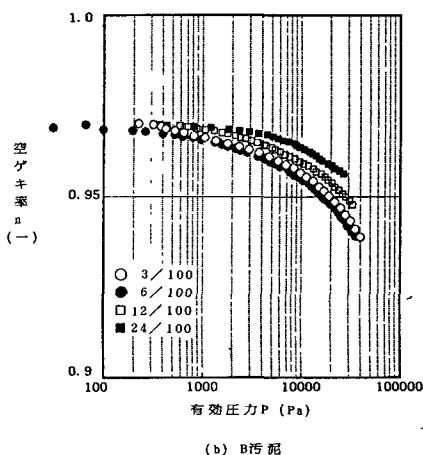
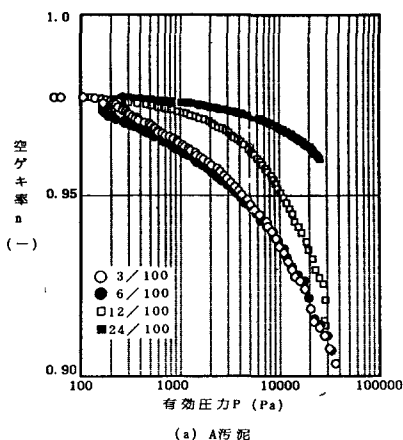


図-5 有効圧力と空隙率の関係

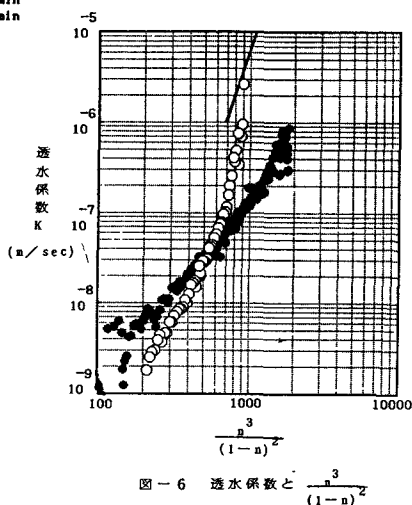


図-6 透水係数と $\frac{3}{(1-n)^2}$ の関係