

日本下水道事業団 正 ○円谷 秀夫
 東北大学 工学部 正 後藤 光逸
 “ “ 学 西村 修

1 はじめに 本報告は、前報⁽¹⁾で示した重力脱水速度式について上水汚泥を用いた実験値と理論値との比較を行ない、パラメーター m , d_0 , n の選定方法と式の適用性について検討を加えたものである。

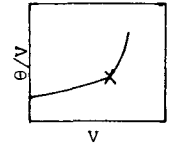
2 実験試料 試料は仙台市近郊の3つの浄水場から採取した上水汚泥で、その特性値を表-1に示す。

3 実験方法 ろ過塔は直径12cmの円筒形で、ろ材は砂層15cm、砂利層5cmとした。汚泥打込厚は30cmで、ろ液量と汚泥厚の経時変化を測定した。重力脱水は、1日のろ液量がそれまでのろ液量の1%以下となった時を終了時とした。

表-1 試料特性

汚泥	取水 源	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Ig-loss (%)
A	河川表流水	42.8	26.3	16.2
B	河川表流水	54.2	20.8	13.7
C	ダム野留水	46.4	28.7	13.9

4 重力脱水の臨界点 図-1は重力脱水実験結果のモデルで、時間 θ をろ液量 V で割った値 θ/V と V の関係を示す。図中×印まではみかけ上直線的に、その後下に凸の曲線となる。この×印を重力脱水の臨界点とする。この重力脱水実験の臨界点を実験で求め、その時の汚泥全層の湿乾質量比 m_c と沈降実験により求めた72時間沈降時濃度 S_{72} を一次回帰したのが図-2である。これより m_c は、 S_{72} によりほぼ推定できることがわかった。

図-1 θ/V vs. V

$$1/m_c = 0.0175 + 1.79 S_{72} \quad (\text{相関係数 } 0.967) \quad (1)$$

ここでA汚泥を用い重力脱水開始後1日、3日、7日、14日目に汚泥の濃度分布を測定した結果を無次元化表示し、図-3に示す。 ϕ , ω は次式による。

$$\left. \begin{aligned} \phi &= \frac{S_i - S_0}{S_f - S_0} \\ \omega &= 1 - \frac{\omega_{Si}}{\omega_{St}} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ここに、 ϕ :濃度の変数(-), ω :汚泥厚の変数(-), S_i :濃度分率(-), S_0 :初期濃度分率(-), S_f :最終濃度分率(-), ω_{Si} :汚泥表面からの単位面積当りの果積固形物量(g/cm²), ω_{St} :単位面積当りの総固形物量(g/cm²)

図中の6日目の濃度分布は、汚泥表層濃度が S_0 より大きくなる時の、つまり図では、 $\omega = 1.0$ で $\phi = 0$ より大きくなる時の濃度分布で、それぞれの濃度分布形とろ液量から推定したものである。このときの汚泥平均濃度は0.078で、この値は(1)式によって求めるA汚泥の臨界点汚泥平均濃度 $1/m_c = 0.075$ とほぼ一致することが認められた。

以上のことから、 $\theta/V - V$ の関係が直線と近似できる最終点を臨界点と定義すると、臨界点で汚泥全体がケーキ層となることがわかった。また、沈降実験より得られる S_{72} を用いて臨界点での湿乾質量比 m_c が推定可能であると考えらる。

5 重力脱水速度式の検討 前報で示した重力脱水速度式は(3)式で、この式を用いて $\theta/V - V$ の関係を求めると、 $n = 0.6 \sim 1.0$ の範囲でほぼ直線に近似できることがわかっている。今回用いた上水汚泥の n 値もほぼこの範囲内である。

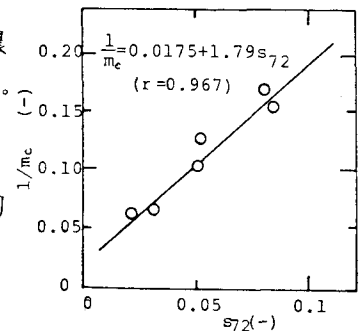
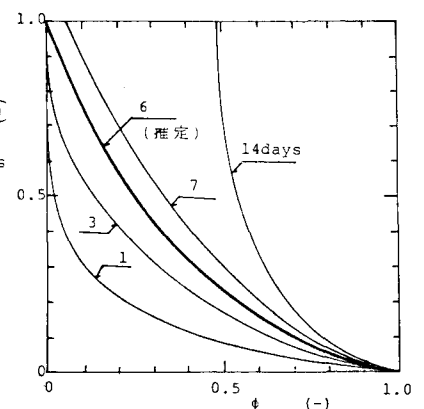
図-2 S_{72} と $1/m_c$ の関係

図-3 汚泥の濃度分布の変化 (無次元化表示)

$$\theta = \frac{\mu \left(\frac{ps}{1-ms} \right)}{\gamma \cdot g_c} \alpha_0 \left[\frac{1}{n+1} h^{n+1} - \frac{H_0}{n} h^n + \frac{H_0^{n+1}}{n(n+1)} \right] \quad (3)$$

ここで、 θ ；時間(sec)， S ；打込濃度分率(-)， m ；湿乾質量比(-)， H_0 ；汚泥打込厚(cm)， h ；汚泥厚(cm)
 α_0 ；単位圧力(1 g/cm²)の平均比抵抗(cm/g)， n ；圧縮指数(-)， ρ ；3液密度(g/cm³)， γ ；3液の単位体積重量(g/cm³)， μ ；3液の粘性係数(g/cm·sec)， g_c ；重力換算係数(dyne/g·f)

図-1で説明したように、重力脱水曲線 θ - V は臨界点まで直線近似することができる。したがって(3)式を臨界点までの脱水曲線(すなわち、Ruth の3過速度式が成立する期間)を表現する式と限定すると、 m 、 α_0 、 n の値が変わってくる。このうち、湿乾質量比 m は臨界点での湿乾質量比 m_c を用いるものとする。

6 α_0 と n の決定方法 α_0 と n はヌッチェ試験より求められる。このとき、 m 値を従来のクラック発生時ケーキの湿乾質量比を用いる場合と、臨界点での湿乾質量比 m_c を用いる場合とは α_0 も n も変わり、その例を表-2に示す。すなわち、 θ - V からの3過定数(直線の傾きの逆数)は同一の値を用いるが、 m 値が変化することによって、 α_0 、 n に大きな影響を及ぼすことになる。したがって、 α_0 、 n をヌッチェ試験から算定し(3)式に代入する場合、3過定数は従来の方法で求め、各脱水に対する平均比抵抗算定時の m を臨界点における m_c を用いて α_0 、 n を決定することが適当と考えられる。

7 重力脱水式の適用性 図-4は、B汚泥の初期濃度を3段階に変化させた場合の汚泥厚の経時変化を示すもので、図-5は、A汚泥とC汚泥の初期濃度を約5%に調整した場合の汚泥厚の経時変化で、それぞれ実線は臨界点で定義されるパラメーターを用いて計算した結果、点線は全区間で定義されるパラメーターを用いて計算した結果である。

図-4と図-5より、X印で示した重力脱水の臨界点までは、(3)式による計算値(実線)は上水汚泥の重力脱水を十分表現していることがわかる。また、臨界点以後の汚泥厚の減少はほとんどないが、臨界点から終了時まで必要期間は、打込時から臨界点までの所要時間とはほぼ同じになっている。

臨界点の表層は初期濃度に等しいので、ケーキ搬出作業を考えれば(3)式で表現可能期間の固液分離機構の解明だけでなく、それ以後の固液分離機構の解明をする必要がある。

8 今後の課題 重力脱水の臨界点を定義し、重力脱水式を臨界点までの脱水曲線を表わす式とすることによって実験結果とよく一致することがわかった。しかし、臨界点以後の固液分離機構はこの式で表現できないので今後の検討を要する。

最後に、本研究を行うに際し実験や解析に協力を惜しまなかった志満信彦君(東北大学大学院)に厚く謝意を表す。

参考文献

- 1) 後藤・田谷ら 1978. 第38回年次学術講演会
「天日乾燥法の脱水速度式に関する一考察」
- 2) D. D. Adrian 1978
「Sludge Dewatering and Drying on Sand Bed」

表-2 各パラメーターの値

		臨界点	全区間
Sl. A	1/m	0.065	0.147
	α_0	2.35×10^9	1.23×10^9
	n	0.888	1.025
Sl. B	1/m	0.136	0.196
	α_0	3.04×10^9	1.37×10^9
	n	0.741	0.859
Sl. C	1/m	0.110	0.236
	α_0	1.47×10^9	1.02×10^9
	n	0.845	0.944

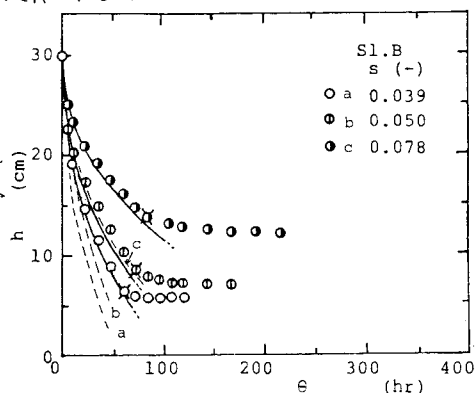


図-4 汚泥厚の経時変化

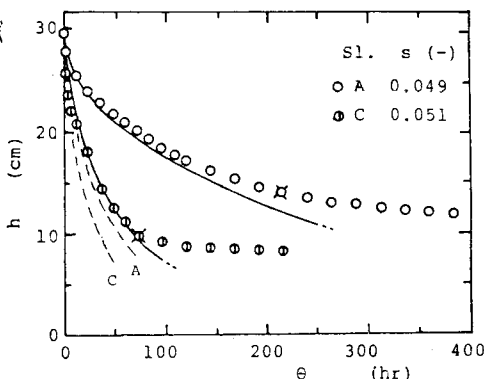


図-5 汚泥厚の経時変化