

## 活性汚泥フロックの圧縮沈降性状

室蘭工業大学 正 員 穂積 準  
室蘭工業大学 学生員 ○河野芽宜

## 1. まえがき

活性汚泥スラリーの圧縮沈降速度が Roberts 式<sup>1)</sup>に従うものとして濃縮槽の設計が行なわれているが、筆者等は上水汚泥の圧縮沈降速度について実験的研究<sup>2)</sup>を行ない、Roberts 式が必ずしも成立しない結果を得た。そこで、活性汚泥スラリーの圧縮沈降速度についても同様の検討を行なった。また、合わせて圧縮沈降に及ぼす初期固形物濃度の影響について検討を行なった。これまでに活性汚泥スラリーの圧縮沈降速度について若干の知見が得られているので、ここに報告することとしたい。

## 2. 実験方法

実験は主に家庭排水を分流方式で流集し標準活性汚泥法により処理している室蘭市内の下水処理場より採取した活性汚泥を用いて行なった。沈降筒は壁面の影響を避けるために内径 10 cm、高さ 100 cm のアクリル製円筒の側面にスケールを付したものを用了。上記の沈降筒 2 本用いて行なった実験手順は次のようである。①採取してきた PH 6.9 ~ 7.1 の活性汚泥もしくはあらかじめ静置濃縮した汚泥を所定の濃度となるように水道水を加えて希釈する。②攪拌機を付した 50 ℓ 容器を用いて約 10 分間のフロック形成攪拌を行なう。③先端にビニールホースを取付けた漏斗を用いて得られたスラリーを所定の高さまで沈降筒の底部から静かに注入する。④灰いで、ビニールホースを筒外に静かに引き出し、その瞬間を沈降開始時間としてスラリー濃度に応じて 6 ~ 15 時間の沈降分析を行なう。⑤さらに沈降筒を放置して 48 時間経過後のスラリー界面高を測定する。⑥各沈降筒のスラリーを容器に移して一様に攪拌し約 500 cc ビーカーに採り、さらに一様濃度となるように攪拌を行ないその 100 cc を採取して蒸発残留物及びろ紙法による溶解性物質も各々測定する。

## 3. 実験結果及び考察

図-1 は種々の濃度に希釈した活性汚泥スラリーの沈降曲線を示したものである。初期固形物濃度 1000  $\text{mg/l}$  ~ 2500  $\text{mg/l}$  のスラリーの沈降曲線は等速沈降区間と減速沈降区間とから成る典型的な曲線を示すが、3500  $\text{mg/l}$  のスラリーでは沈降開始直後にやや上方に凸の曲線部分が存在する。これはスラリーを沈降筒に注入する際にフロックが破壊され、沈降筒内でフロックの再集塊が生じていることと循環水流が発生すること等によるものと考えられる。この現象は初期固形物濃度が大きくなるに従って顕著になる。この場合にはスラリーの採取に若干問題はあるが、以後の圧縮沈降にはそれほど大きな影響を及ぼさない。ただし、初期固形物濃度が同じであっても晴天時と雨天時の汚泥ではその沈降曲線が著しく相違する。例えば、雨天時に採取した初期固形物濃度 2500  $\text{mg/l}$  のスラリーでは等速沈降を示す曲線が得られている。これは、分流式でも雨天時にはかなりの量の土砂の流入があるので活性汚泥の性状、密度が異なることによるものと考えられる。従って、単に初期固形物濃度のみを指標として沈降性状を論ずるわけにはいかない。本報告では晴天時の汚泥のみを対象としている。図-1 から明ら

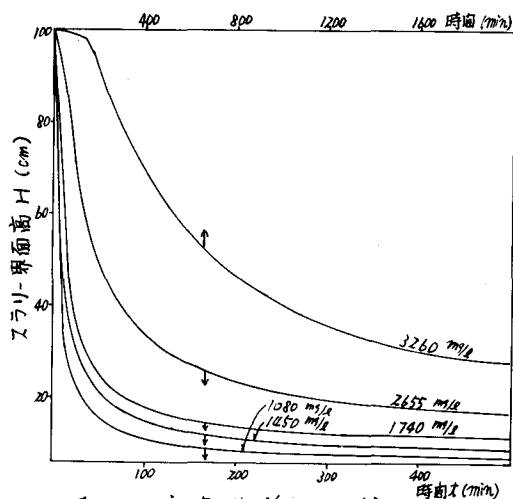


図-1 沈降曲線の比較

らなるように初期固形物濃度 1000  $\text{mg/l}$  ~ 2500  $\text{mg/l}$  のスラリーの沈降曲線は等速沈降区間を有するが、初期固

形物濃度 2500 mg/l 以上のスラリーの沈降曲線は等速沈降区間が存在せず減速沈降区間のみからなる。上水汚泥では初期固形物濃度が 1000 mg/l 程度までは等速沈降区間が存在するが、活性汚泥スラリーでは比較的低濃度で減速沈降を示す。

図-2 は 48 時間沈降後の界面高を  $H_{\infty}$  として、初期固形物濃度  $C_0$  に対してプロットしたものである。非変形性剛体球粒子から成るスラリーでは、初期固形物濃度が等しければ  $H_{\infty}$  は  $C_0$  の増加とともに直線的に増大するはずであるが、活性汚泥スラリーでは  $H_{\infty}$  は  $C_0$  とともに曲線的に増大する。活性汚泥フロックは図-4 に模式的に示すように大きな外部空隙と内部空隙を有しており、沈降完了時には上部のフロックの重量により下部のフロックの外部空隙及び内部空隙はともに著しく減少し、フロックはほぼ完全に押しつぶされたような形となっている。これに対して上部のフロックは作用荷重が下部のフロックよりも小さいので、その圧縮の度合は下部のフロックほどではない。従って、堆積フロック層は深さ方向に増大する濃度分布を有している。初期固形物濃度が高いほど平均的な作用荷重が大きくなるので、堆積フロック層の圧縮の度合が大きくなる。従って、最終沈降界面高は初期固形物濃度が 2 倍になっても 2 倍とはならず、それよりも小さな値となり最終沈降界面高と初期固形物濃度との関係は図-2 で示されるように上に凸の曲線となるであろう。

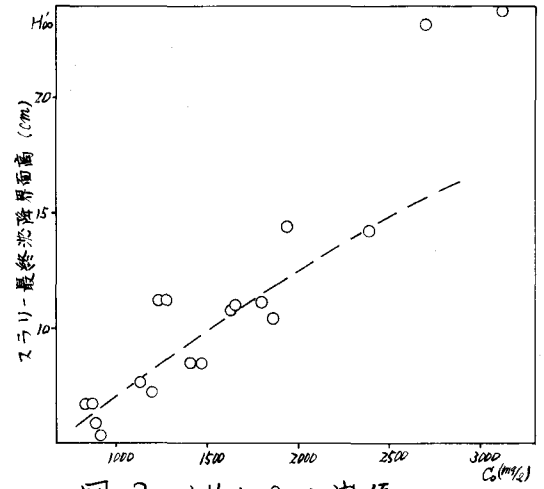


図-2  $H_{\infty}$  と  $C_0$  の関係

図-3 はこの関係を両対数グラフにプロットしたものである。両対数プロットでは両者の関係はほぼ直線となる。初期固形物濃度 3500 mg/l では両対数プロットの直線からはずれている。初期固形物濃度が高くなるにつれて圧縮完了に要する沈降時間が長くなるので、3500 mg/l の場合には 48 時間の沈降時間では不充分であるために、両対数プロットの直線からはずれるものと考えられる。このことは現在行なっている実験結果から確認されている。図-3 の両対数プロットから  $H_{\infty}$  と  $C_0$  との間には次のような関係が存在する。

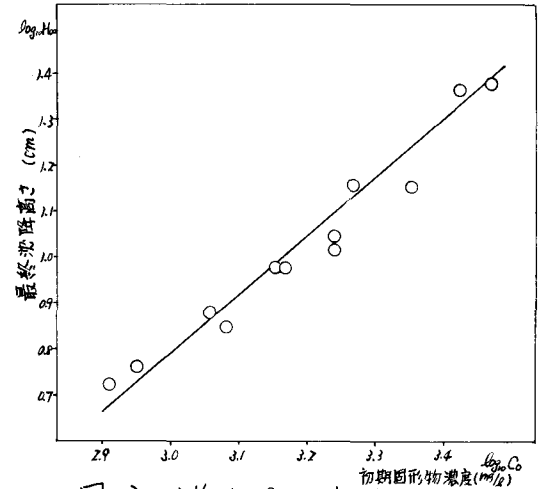


図-3  $H_{\infty}$  と  $C_0$  の関係

$$H_{\infty} = \alpha C_0^{\beta} \quad \dots (1)$$

ここで、 $\alpha$ 、 $\beta$ ；定数で本実験のスラリーでは  $\beta = 1.1 \sim 1.2$  程度である。これは式の定数は異なるが上水汚泥を用いて筆者等の行った結果<sup>2)</sup>と同一である。

次に、活性汚泥フロックの圧縮沈降速度式について検討する。式-(1)は現在最も広く用いられている Robert の圧縮沈降速度式である。

$$-dH/dt = K(H - H_{\infty}) \quad \dots (2)$$

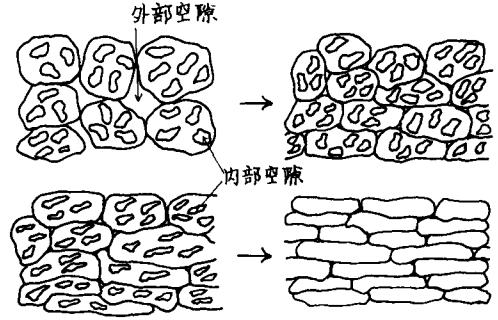


図-4 フロックの沈降濃縮過程の模式図

または、

$$\frac{H-H_{\infty}}{H_c-H_{\infty}} = \exp[-K(t-t_c)] \quad \dots (3)$$

ここで、 $H$ ；圧縮点以降の任意の沈降時間におけるスラリー界面高 (cm)， $H_{\infty}$ ；無限時間経過後のスラリー界面高 (cm)， $H_c$ ；圧縮点におけるスラリー界面高 (cm)， $t$ ；沈降時間 (min)， $t_c$ ；圧縮点における沈降時間 (min)， $K$ ；Roberts 定数 ( $1/\text{min}$ )。

Roberts 式は圧縮沈降領域における界面沈降速度が沈降すべき界面高  $H-H_{\infty}$  に比例するとして求められたもので、 $H-H_{\infty}$  を縦軸に  $t$  を横軸にとって片対数グラフにプロットすると直線が得られることを示している。

図-5 は Roberts 式を適用した場合の初期固形物濃度に対する曲線である。但し、式-(2)、(3)の  $H_{\infty}$  は前述の  $H_{\infty}$  で代用した。図から明らかなように  $H-H_{\infty}$  と  $t$  の関係は片対数グラフ上で曲線となり、式-(2)を満足しない。Roberts 式は非圧縮性の粒子から成るスラリーに対しては適合するものと考えられるが、含水率の高い圧縮性に富むスラリーに対しては必ずしも適用し得ないと考えられる。但し、初期固形物濃度が著しく高い状態のスラリーに対しては近似的に成立する結果が得られている。

Roberts 式の他に比較的簡単な圧縮沈降速度式としては、Rollason によって求められた次のような実験式がある。

$$\log_{10} \frac{H}{H_{\infty}} = A \cdot \log_{10}(Bt) \quad \dots (4)$$

ここで、 $A$ 、 $B$ ；対象とするスラリーに関する定数。Rollason 式によればスラリー界面高と沈降時間との関係は両対数グラフ上で直線となる。そこで式-(4)に従って図-1の結果を両対数グラフにプロットすると図-6 のようである。図-6 の両対数プロットでは減速沈降区画のある領域では直線となるが、圧縮沈降の後半部分では直線とはならず上方に凹の曲線となる。従って、式-(4)は式-(3)と同様に含水率の高いフロックから成るスラリーに対しては必ずしも成立しない。

次に、筆者等が上水汚泥を用いて行った実験結果から求めた式-(5)<sup>2)</sup>について検討してみる。本実験式は Roberts 式と Rollason 式を組み合わせ得られたもので、上水汚泥に対しては前者による式よりもよく適合する

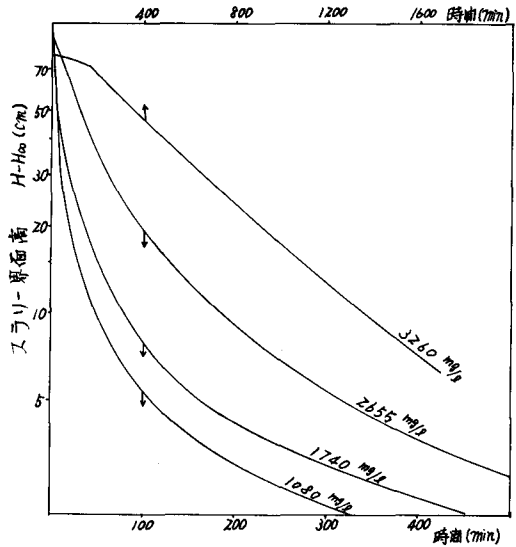


図-5 Roberts 式の比較

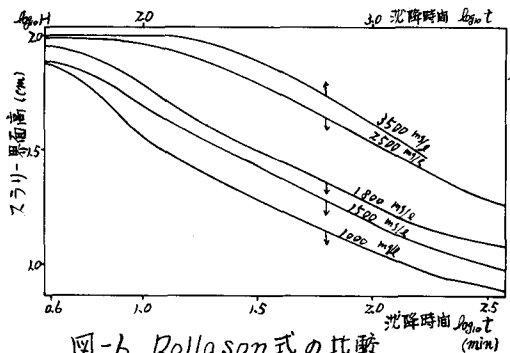


図-6 Rollason 式の比較

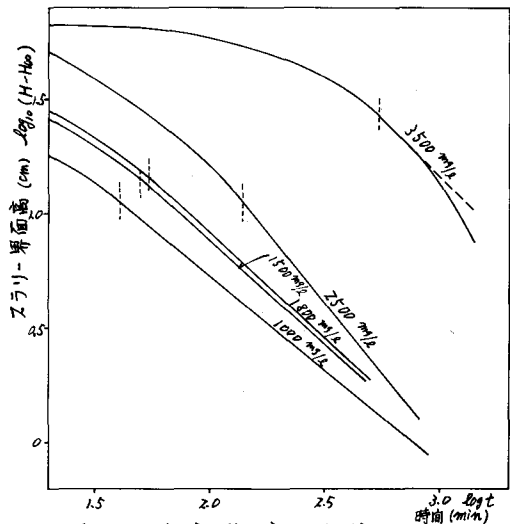


図-7 本実験式の比較

$$\log_{10} \frac{H-H_{\infty}}{H_c-H_{\infty}} = n \log_{10} \left( \frac{t}{t_c} \right) \quad \dots (5)$$

ここで、 $n$ ；比例定数。

図-7は式-(5)に従って図-1の結果を両対数グラフにプロットしたものである。圧縮沈降領域における $H-H_{\infty}$ との関係は両対数グラフ上では直線で示される。図-7の両対数プロットの直線の始点は図-6の両対数プロットの始点より若干右側にずれるが、初期固形物濃度 $3500 \text{ mg/l}$ の場合を除けば本実験の6~15時間の沈降時間にわたって直線が成立する。従って、この場合と式-(5)は式-(3)及び式-(4)に比して適合性がよい。初期固形物濃度 $3500 \text{ mg/l}$ の場合は圧縮沈降領域の後半では直線関係からはずれる。現在行なっている高濃度領域の実験では初期固形物濃度の増大とともにこの傾向が大きくなり、式-(5)の成立範囲が限られてくる。一方、式-(4)はこれに対して比較的良好な直線性を保つ。従って、式-(5)と式-(6)については広範な初期固形物濃度に対する実験を行なって比較検討する必要がある。これについては別の機会に改めて報告することとしたい。ここでは式-(5)に基づいてスラリーの圧縮沈降について述べる。

図-7の両対数グラフの直線の傾きを求め、初期固形物濃度に対してプロットすると図-8のようである。式-(5)の定数 $n$ は若干ばらつきはあるが本実験の濃度範囲ではほぼ0.8~1.0程度である。これは上水汚泥に対して得られた値とほぼ同じである。図-9は図-7の両対数プロットで直線とみなせる部分の始点を圧縮開始点としてその沈降時間を求め、図-8と同様に初期固形物濃度の増大に伴って急激に増大し上方に凹の曲線で示される。上水汚泥の場合は圧縮開始時間と初期固形物濃度との関係は両対数グラフ上で直線で示されるが、活性汚泥スラリーでは $t_c$ と $C_0$ の関係は両対数グラフ上では直線とはならない。この相違はスラリーの性状、特に活性汚泥微生物の存在状態や汚泥中の有機物含量の影響等によるものと考えられる。

最後に、実際の下水処理場の最終沈殿池における沈降現象について述べる。図-10及び図-11は深さ約3m、長さ約43.5mの最終沈殿池において測定した浮遊物質の濃度分布を示したものである。図から明らかなように水深約1.5m程度のところでは浮遊物質濃度が1000ppm程度で、沈殿池の深さの1/2の部分では成層沈降をしている。また、流入口直後のところでも水深2.3~2.5m付近で浮遊物質濃度が5000ppm、2.6m~2.8m付近で浮遊物質濃度が10000ppmにも達し、沈殿池流出口では底部から1.0mのところでは浮遊物質濃度が10000ppm程度である。従って、最終沈殿池では池の全長にわたって界面等速沈降及び圧縮沈降が生じている領域が池の深さの1/2にも及んでいる。従来、このような成層沈降を考

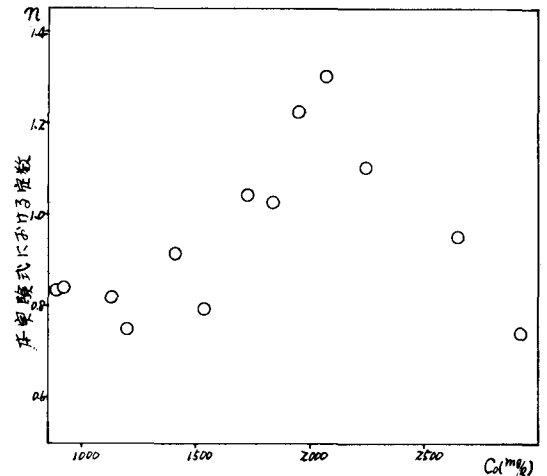


図-8  $n$  と  $C_0$  の関係

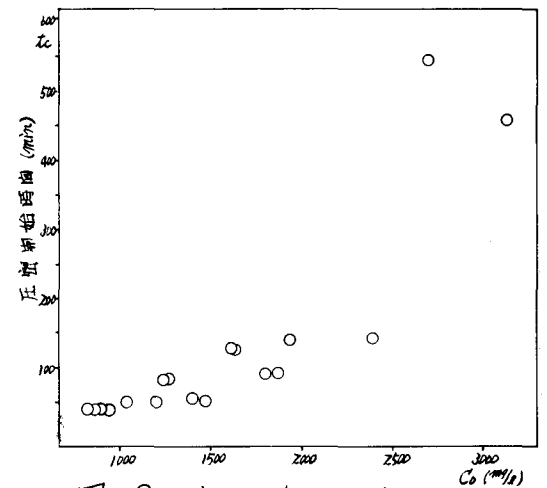


図-9  $t_c$  と  $C_0$  との関係

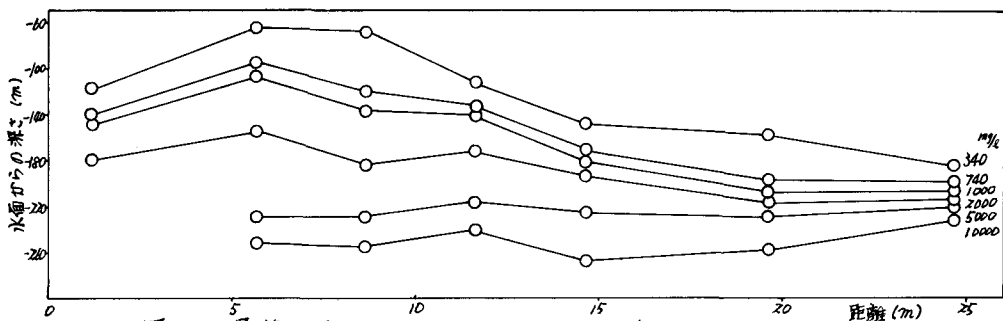


図-10 最終沈殿池における浮遊物質濃度の分布 (1)

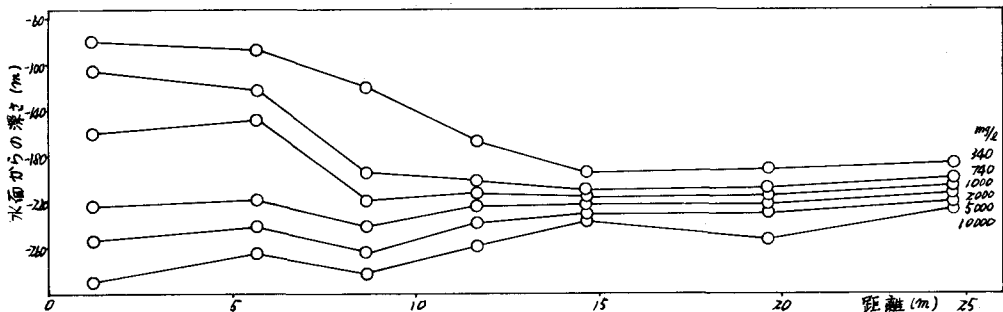


図-11 最終沈殿池における浮遊物質濃度の分布 (2)

慮した沈殿池の設計あるいは沈殿池の機能評価は行なわれていないが、沈殿池のより合理的な設計及びその機能評価を行なうためには成層沈降現象の充分な把握が必要である。

#### 4. あとがき

活性汚泥スラリーの圧縮沈降速度について実験的検討を行ない、Roberts 式が成立しない結果が得られた。また、Roberts 式と Rollason 式を組み合わせ求めた式-(5)が本実験の低濃度スラリーに対して成立する結果が得られた。さらに、現在行なっている高濃度領域に対する実験結果を含めて検討するとともに、圧縮沈降に及ぼす活性汚泥の物性の影響について明らかにしたいと考えている。最後に、本研究を行なうにあたり実験面で御苦労願った 50 年度卒業生、杉本芳照君に感謝する。

#### 引用文献

- 1) Roberts, E. J ; "Thickening - Art or Science ?" Mining Engrg , Vol.1 , P61~64 , 1949.
- 2) 穂積 準 ; "凝集性スラリーの圧縮沈降特性に関する研究" 水道協会誌 (投稿中)
- 3) 穂積 準, 河野芽宜 ; "沈降濃縮に及ぼす PH の影響について" 土木学会第 31 回学術講演会講演概要集第 2 部 , P517~518 , 1976
- 4) 例えば、森芳郎・吉田文武編 ; 詳論化学工学 (単位操作 I) , P345~346 , 1962
- 5) 佐藤正弘・浪辺孝晴 ; "水平流沈殿池に於ける密度流に関する研究" 聖蘭工科大学論文 , 1973.