

清水建設(株)研究所 正員 田沢竜三
同 正員 丹羽亨明

1. はじめに

最近注目を集めている加圧浮上法による活性汚泥(余剰汚泥)の分離及び濃縮について下記のような装置設計上重要な項目に着目して、回分実験による基礎的研究を行つた。

(1)活性汚泥の SVI と、汚泥の浮上速度、最終汚泥濃度及び濃縮倍率 (2)SVI 別の浮上汚泥のスラリー粘度(以下、汚泥粘度という) (3)発生気泡とその分布について (4)浮上汚泥中への空気ホルドアップ (5)浮上汚泥の全直方向の濃度分布と掻き取り方法 (6)浮上汚泥の圧密脱水について理論的考察

2. 実験装置と実験方法

2.1. 実験に用いた活性汚泥; 培養基質として、グルコース、グルタミン酸ソーダを主体とする人工下水を用いて供試用活性汚泥を培養した。培養条件は、下記のとおりである。

(1)回分式活性汚泥法 (2)BOD-SS 負荷; 0.1 kg/18 SS/日 (3)水温; $8 \sim 15^\circ\text{C}$ (4)MLSS; $3500 \sim 9000 \text{ ppm}$ (主として、 4000 ppm の汚泥を実験に使用) (5)培養上澄水物質; COD; $5 \sim 18 \text{ ppm}$, SS; $10 \sim 30 \text{ ppm}$

2.2 実験装置; 図-1 のような回分式の加圧浮上実験装置を用いて検討した。

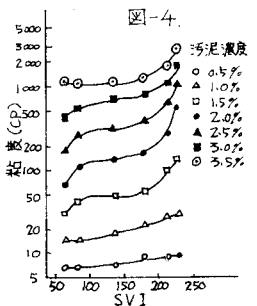
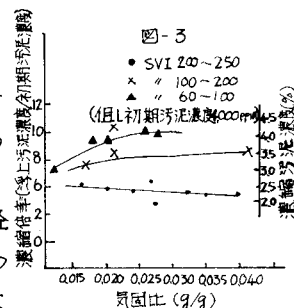
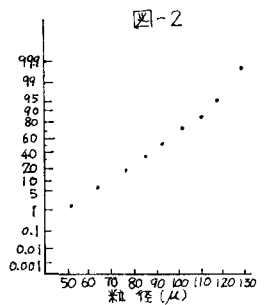
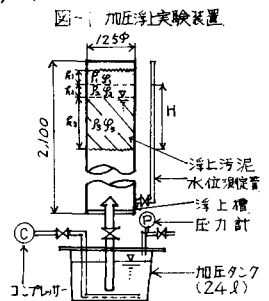
3. 実験結果と考察

3.1 発生気泡径とその分布について; 加圧力 5 kg/cm^2 にて製造した加圧水から発生する気泡径の分布を検討するために、接写撮影をした。得られた結果を正規確率紙にプロットしたものを、図-2 に示した。ほぼ直線とみなせるので正規分布をなしていると考えられる。気泡径は、平均 97μ であり、 $75 \sim 115 \mu$ の間に 77% が存在している。

3.2 SVI が、汚泥濃縮倍率、最終汚泥濃度、必要気固比、汚泥粘度等を与える影響; 設計上一番重要な汚泥の濃縮倍率及び最終汚泥濃度と気固比の関係を、図-3 に SVI 別に示した。どの SVI 領域でも、初期浮上速度への気固比の影響は大きい。ある一定以上の気固比であれば、気固比は濃縮倍率には大きく影響しないことがわかる。気固比が同一条件下では、SVI の小さい方が最終汚泥濃度、濃縮汚泥倍率ともかなり大きくできることが認められる。図-4 に、浮上汚泥濃度別に供試汚泥の SVI と汚泥粘度(回転式粘度計による測定値)の関係を示した。SVI と汚泥粘度とは大きな相関があり、SVI が小さいと同じ濃度の汚泥でも、その粘度は小さく、また汚泥濃度が上がると加速度的に汚泥粘度が上がるということが判明した。この SVI の違いによる汚泥粘度の差異が汚泥の浮上速度、濃縮倍率、最終汚泥濃度、空気ホルド量等に大きな影響を及ぼしていると考えられる。

3.3 SVI、空気ホルド量及び最終汚泥濃度について; 浮上槽中の空気ホルド量は、式(9)～(11)に示されるように、浮上槽の上側汚泥界面と側壁に設置した水位との差により求めることができる。(図-1 を参照)

浮上分離における上側汚泥界面及び下側汚泥界面と経過時間との相関の事例を、図-5 に示した。本図からわかるように、上側汚泥界面は空気ホルドアップによ



り一度盛り返す、その後内部の空気が一部脱泡して低下し、あるところまで一定となる。

$$H = R_1 P_1 (1 - q_1) + R_2 P_2 (1 - q_2) + R_3 P_3 (1 - q_3) \quad \text{----- ①}$$

$$\frac{V_A}{A} = R_1 q_1 + R_2 q_2 + R_3 q_3 \quad \text{----- ②}$$

$$\text{従って } V_A = A \{ R_1 P_1 + R_2 P_2 + R_3 P_3 + R_1 q_1 (1 - P_1) + R_2 q_2 (1 - P_2) + R_3 q_3 (1 - P_3) - H \} \quad \text{----- ③}$$

③式より、最大ホールド率と最終ホールド率を求め、その結果を図-6に示した。ホールド率は、最終とも、SVIが大きい程高いという結果が得られた。このことは、前項で述べたようにSVIが大きい程、汚泥粘度が大きくなるため、空気はホールドされ易くなることを示している。図-7に、最終気固比と最終汚泥濃度との関係を示した。最終気固比が大きい程、最終汚泥濃度が加速度的に小さくなること認められる。これらの結果は、最終気固比が小さい、即ち、SVIの小さい汚泥の方が最終的に高い汚泥濃度まで濃縮できることを示している。最終汚泥濃度の決定要因として、圧縮濃縮段階での立体障害等、種々の要因が考えられるが、ホールドされている気泡が、圧縮脱水の抵抗になっていることも一因と考えられる。

3.4. 浮上汚泥濃度の分布：浮上汚泥濃度の全直方向の分布を、図-8に示した。汚泥濃度は上部程高く、下部へ行くにつれてほぼ直線的に減少している。従って、浮上汚泥の掻き取りに当っては、上部を掻き取る程平均的に高濃度の汚泥が得られ、さらに、掻き取り時の攪乱要因を考慮すると、実際的水位より上部の汚泥を掻き取る方が望ましい。空気ホールド量の分布は、上部程多い場合と、中間部で多い場合との二つのタイプのものが認められたが、浮上汚泥濃度の分布等、他の因子との相関は特に見だせなかった。

3.5. 浮上濃縮における圧縮脱水速度についての理論的考察：以下に示すような仮定のもとに、均圧浮上濃縮における圧縮脱水に関する基本式を導いた。

- (1) 浮上濃縮は、多数の毛細管を通しての脱水濃縮である。
- (2) 毛細管内での圧力損失は、Poiseuilleの式に従う。
- (3) 脱水濃縮された分だけ、毛細管の内容量が減少し、一様に細くなる。
- (4) 脱水濃縮されても、毛細管の長さ是不変。
- (5) ホールドされた空気の影響により恒圧的に一様に脱水される。

$$\frac{dV}{dt} = \pi r^2 \cdot A \cdot N \cdot \frac{g \cdot \Delta P}{8 \mu L} \quad \text{----- ④} \quad \text{初期の脱水速度は、} \left(\frac{dV}{dt} \right)_0 = \pi r_0^2 \cdot A \cdot N \cdot \frac{g \cdot \Delta P}{8 \mu L} \quad \text{----- ⑤}$$

$$dV \text{ だけ脱水されることにより、毛細管の半径は } dr \text{ だけ減少するとして、} \\ -2ELAN \int_{r_0}^r r dr = \int_0^V dV \quad \text{----- ⑥}$$

$$\text{④} \sim \text{⑥より、} \frac{V}{V_0} = R_0 t + \left(\frac{dV}{dV_0} \right) \quad \text{----- ⑦} \quad \left(\text{ここに、} R_0 = \frac{1}{\pi L A N g} \right)$$

実験データを基に⑦式の関係をプロットしたものを図-9に示した。 V/V_0 は、平均脱水速度の逆数で、脱水濃縮に対する抵抗を表わすものであり、これが経過時間 t と一次の関係にあることを示しているが、実験結果と理論式は非常によく一致している。そして、SVIが小さい程、この式の傾きが小さくなり、濃縮速度が大きくなることを示している。また、⑦式は標準型清澄器近式と近似した形になっている。

V_0 : ホールド量 A : 指す面積 ρ_1, ρ_2, ρ_3 : 各領域での密度 q_1, q_2, q_3 : 各領域での空隙率 V : 脱水量 R : 相関係数
 θ : 浮上分離時間 L : 毛細管の平均長さ r : 毛細管の半径 N : 単位断面積当りの毛細管本数 μ : 汚泥中の水の粘度

<参考文献> (1) Victor Gulas: WPCF 7, 1978 (2) 小並原ら第14回下水汚泥研究会 (3) 小塚ら: 第15回下水汚泥研究会

----- ①
 ----- ②

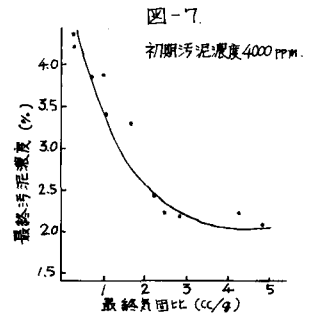
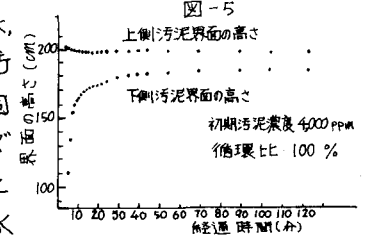
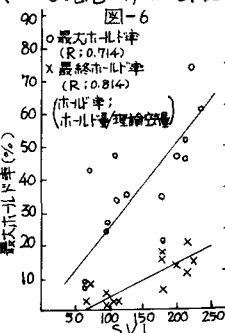
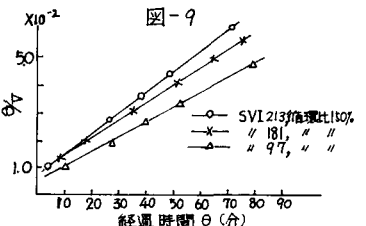
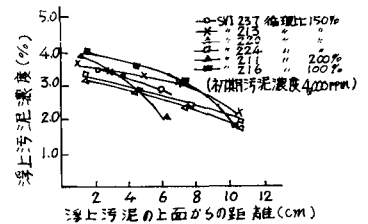


図-8



(注) 図-9は浮上汚泥濃度15000ppm以下に於いて取ったものである。