

浮上濃縮機構に関する実験的研究

九州大学 工学部 正 員 楠田哲也
 同上 学生員 ○張 満良
 神鋼パテック(株) 正 員 平井孝明

1.はじめに 汚泥の浮上濃縮は気、固、液の三相間の相対運動が関与する複雑な物理・生化過程である。この濃縮機構については不明のところが未だ数多くある。このため、主操作変数の気固比A/S (kg-Air/kg-DrySS)と固形物負荷 (kg-DrySS/m²・day) および汚泥性状を示す指標としてのSVIを用いての従来の濃縮汚泥濃度予測法による乾燥固形物濃度Cs (g/W)の予測誤差は小さくない。濃縮汚泥濃度を精度よく予測するには、浮上濃縮機構すなわち浮上濃縮過程を表現するいくつかのパラメータ間の関係を解明しなければならない。前報では実験室での回分実験により、操作変数B/W (浮力重量比)とSVIにより濃縮汚泥の濃度指標として湿潤固液体積濃度Cvの方がCsより精度よく予測できることを明らかにした。本報は連続定常パイロット浮上濃縮実験の結果および前報の結論をもとにさらに検討を加え、より精度の高い予測指標の提案を行おうとするものである。

2.操作変数と濃度指標 前報にて浮上濃縮の機構¹⁾に基づいて、新しく提案した操作変数B/W (kg-f/kg-WetSS)、濃度指標としての体積濃度Cv (m³/m³)、A/SおよびCsは以下のように表される。

$$\begin{aligned} [A/S] &= \frac{Ms \rho_a \varepsilon_a}{\rho_{ws} \varepsilon_s} \dots\dots\dots (1) & [B/W] &= \frac{\rho_l \varepsilon_s}{(\rho_{ws} - \rho_l) \varepsilon_s} \dots\dots\dots (2) \\ Cv &= \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_s + \varepsilon_l} \dots\dots\dots (3) & Cs &= \frac{\rho_{ws} \varepsilon_s}{Ms (\varepsilon_s \rho_{ws} + \varepsilon_l \rho_l)} \dots\dots\dots (4) \\ \varepsilon_s &= Ms Cs \rho_{as} / \rho_{ws} \dots\dots\dots (5) & \varepsilon_l &= (1 - Ms Cs) \rho_{as} / \rho_l \dots\dots\dots (6) \\ \varepsilon_a &= 1 - \varepsilon_s - \varepsilon_l \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

また、式(1)と式(2)、式(3)と式(4)からB/WとA/Sの関係式、CsとCvの関係式が次のように得られる。

$$[B/W] = \frac{\rho_{ws} \rho_l}{Ms \rho_a (\rho_{ws} - \rho_l)} [A/S] \dots\dots\dots (8) \quad Cs = \frac{\rho_{ws}}{Ms [\rho_{ws} + \rho_l (1/Cv - 1)]} \dots\dots\dots (9)$$

ここで、 ε_a 、 ε_s 、 ε_l ：浮上濃縮後のフロス中の気体、湿潤固体(湿潤汚泥)²⁾、液体の体積分率、 ρ_{ws} ：汚泥湿潤密度 (kg/m³)、 ρ_l ：水の密度 (kg/m³)、 ρ_a ：空気の密度 (kg/m³)、 Ms ：湿潤汚泥質量/乾燥汚泥質量 (kg/kg)、 ρ_{as} ：フロスの密度 (kg/m³)である。

3.実験装置、試料及び方法 実験装置は浮上面積1.52m²、槽深さ1.8mのパイロットプラントである。浮上実験用試料は公共下水処理場のA〇法の返送汚泥を用いた。実験は加圧混合方式で、加圧力4.0kgf/cm²(3.92×10⁵Pa)で、設定固形物負荷80、100、130kg/m²・d、設定気固比0.015、0.020、0.025kg-Air/kg-DrySSで連続して濃縮を行い、約6-8時間後定常状態になった後に、フロスの乾燥固形物濃度と密度を測定した。

4.実験結果および考察 設定A/S=0.024-0.0255で形成したフロスの表層固形物濃度Csと固形物負荷Lsの関係を図-1に示す。CsはLsの増加に関わらず、ランダムに変化することから、本実験では、濃縮濃度へのLsの影響がほとんどないことが分かる。これは各Lsで槽底で形成されたフロスが浮上槽表層に上昇するまでに要した時間(6時間以上)が濃縮に必要な時間(4時間程度)より長く、滞留時間の影響が無視できるようになるためと考えられる。

図-2に設定A/S(A/S₁)とフロス内の実際のA/S(A/S₂)の関係を示す。実際のA/Sは設定A/Sの増加とともに増加するが、その差が大きくなる。このことは従来の設定A/Sによ

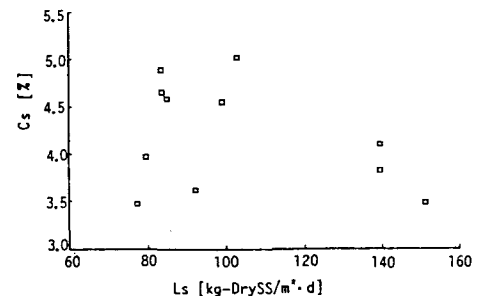


図-1 固形物濃度Csと固形物負荷Lsの関係

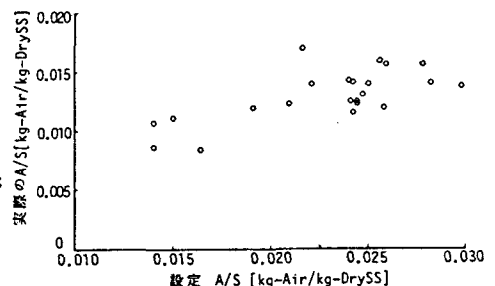


図-2 フロス内の実際のA/Sと設定A/Sの関係

るCsの予測法が不適当であることを裏付けている。

フロスの乾燥固形物濃度Csあるいは湿潤固体体積濃度Cvは実際のA/SとSVIあるいは実際のB/WとSVIとの関係をそれぞれ図-3、4、5、6に示す。図中に示した数値は ρ_{ss} とCsを用いて、上式により計算したフロス形成時の実際のA/SとB/Wである。前報の回分実験の結果と同じように、CsとCvはいずれも実際のA/S、B/Wの増加につれて増加し濃縮度が高くなる。その増加率は実際のA/S、

B/Wが大きいほど小さくなる。一方、実際のA/S、B/Wが一定の時、SVIの増加とともに、Cvは増加するのに対して、Csは減少する傾向にある。これは図-7に示すようにSVIが増加すると、汚泥の湿潤密度が小さくなり、単位乾燥汚泥当りの湿潤体積が大きくなるためと考えられる。図-3、4、5、6における関係を最小自乗法により求められた回帰式で表すと、次のようになる。

$$\begin{aligned} Cs &= -0.0000373(SVI) + 0.105(A/S_2)^{0.189} & \sigma &= 0.0380 & \epsilon &= 0.0934 \cdots \cdots (10) \\ Cs &= -0.0000242(SVI) + 0.0168(B/W)^{0.295} & \sigma &= 0.00346 & \epsilon &= 0.0850 \cdots \cdots (11) \\ Cv &= 0.000112(SVI) + 1.48(A/S_2)^{0.271} & \sigma &= 0.0281 & \epsilon &= 0.0593 \cdots \cdots (12) \\ Cv &= 0.000212(SVI) + 0.146(B/W)^{0.336} & \sigma &= 0.0251 & \epsilon &= 0.0531 \cdots \cdots (13) \end{aligned}$$

ここで、 σ と ϵ は上述の各式により求められた回帰値の標準偏差と相対誤差である。図中の実線は上述の各式により求められた回帰線である。各式の σ と ϵ を比較すると、B/WがA/SよりCsおよびCvとより良く関係付けられ、しかも、Cvの方がCsよりB/Wに対してより良好な相関を示すことが分かる。この結果は前報の結果と一致している。

5. おわりに 以上の結果から、汚泥の浮上濃縮濃度の指標として湿潤汚泥体積分率CvはCsよりより精度良く操作変数B/W及びSVIを用いて予測できることを明かにした。この関係を利用し、さらに、酸素消費と脱窒の影響を考えることにより、B/WとSVIを用いてCvを予測でき、さらにはCsを求めることができるようになった。

参考文献

- 1) 楠田哲也ら：浮上濃縮機構に関する基礎的研究，第25回下水道研究発表会講演集，P442-443，1988
- 2) 楠田哲也、綿引綾一郎：汚泥の重力濃縮機構，下水道協会誌，Vol. 23，No. 262 P23-32，1986

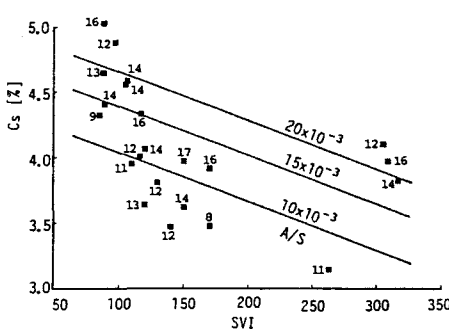


図-3 固形物濃度CsとSVIおよび実際のA/Sの関係

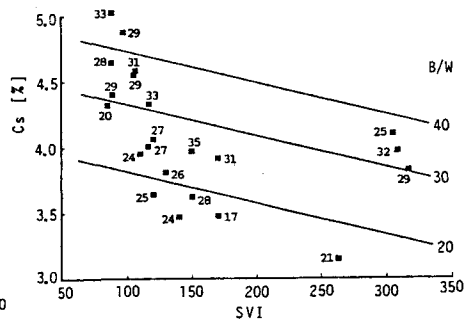


図-4 固形物濃度CsとSVIおよび実際のB/Wの関係

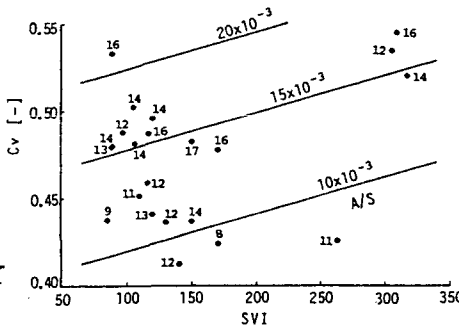


図-5 体積濃度CvとSVIおよび実際のA/Sの関係

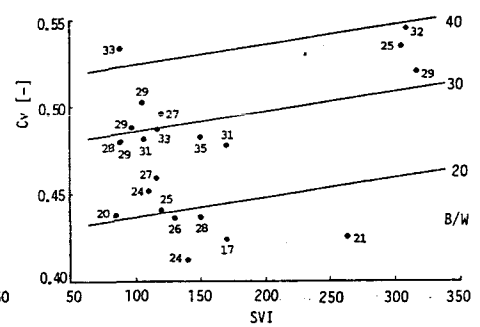


図-6 体積濃度CvとSVIおよび実際のB/Wの関係

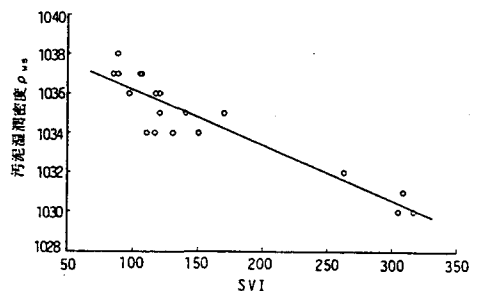


図-7 汚泥湿潤密度 ρ_{ss} とSVIの関係