

九州大学工学部 正員 ○乗谷陽一

九州大学工学部 正員 桐岡洋子

1はじめに 沈殿池における粒子の沈殿除去率を与える理論の実用化を目指して、表面負荷率の基礎的理論、Hazenをはじめとする池内混合を考慮した理論、粒子の干渉および凝集性の考察などがなされて来ている。下水の生物処理において良好な処理水質を得るためには、最終沈殿池における高い沈殿除去率を得ることが重要であるが、これには粒子の凝集性が極めて重大な影響をおよぼすのでこのようなときに、上澄水に残留する濁質を与える機構を、横流式沈殿池について検討してみた。

2凝集沈降の様子 凝集沈降における沈降の様子はすでによく知られているが、上澄水に濁質が残される様子を細かく観察するとつぎのようである。沈降筒内に活性スラッジを入れ、十分攪拌して生物フロックを適当に破壊して静置すると、よく知られている様に汚泥粒子の凝集がある程度進むまでは、若干の大粒子を除いて沈降は極めて微々たるものである。凝集が進むにつれ沈降速度は次第に増すが、上部に残された微粒子は濃度が低下するため凝集に著しいおくれを生じることが見うけられる。しかし残された粒子も徐々に凝集をしていく。初濃度がかかなり高いときは、ある程度のzoneを形成する。上澄部でおくれて成長した粒子はzone内の干渉の著しいときには界面に追いつく。一方界面を越えて微粒が残されていくことも観察される。このようにして、上澄部に残留する濁質は、沈降初期に上部に残された微粒とzone内より上澄部にくぐりぬけて残された微小粒子によるものであると考えられる。

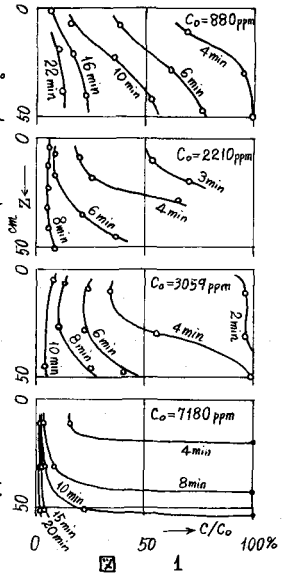


図 1

3初期濃度の影響 質量 $m \sim m + dm$ の汚泥フロックが単位体積中に存在する個数を $\phi(m)dm$ と表わし、その沈降速度を $w(m)$

$m_1 \sim m_1 + dm_1$ の粒子と $m_2 \sim m_2 + dm_2$ の粒子が単位体積、単位時間内に衝突する確率を $F(m_1, m_2)$ とし、 $\phi(m_1)dm_1 \phi(m_2)dm_2$ とすると、フロックの質量分布関数 $\phi(m)$ の変化は

$$\frac{\partial \phi(m)}{\partial t} + w(m) \frac{\partial \phi(m)}{\partial z} = \int_0^m F(m, m-m_1) \phi(m_1) \phi(m-m_1) dm_1 - \phi(m) \int_0^\infty F(m, m_1) \phi(m_1) dm_1 \quad (1)$$

で与えられる。沈殿池流入水(初濃度)を C_0 とし、

$$c = C_0 z, \quad \psi(m) = \phi(m)/C_0, \quad \tau = C_0 t \quad (2)$$

とおくと (1)は

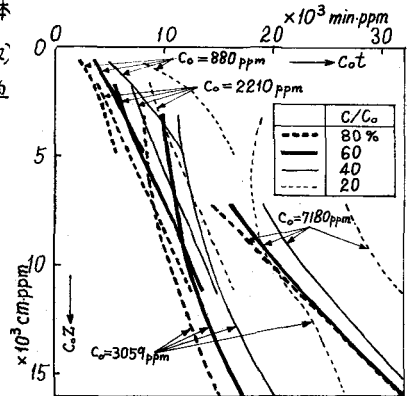


図 2

$$\frac{\partial \psi(m)}{\partial t} + w(m) \frac{\partial \psi(m)}{\partial z} = \int_0^m F(m_1, m-m_1) \psi(m_1) \psi(m-m_1) dm_1 - \psi(m) \int_0^\infty F(m, m_1) \psi(m_1) dm_1 \quad (3)$$

時間の代りに z 、深さの代りに m を用いれば、フロック質量相対分布 $\psi(m)$ は z に無関係な式 (3) で支配される。したがって初期粒度分布 $\psi(z=0)$ が同じなら初濃度が変わっても相似性のあることが予想される。この相似性を破るものは、粒子の干渉による $w(m)$ の変化である。しかし上澄水中に残留する濁質の挙動を論ずる場合には、特に高濃度の場合を除いてあまり重要ではないと思われる。

人工下水に十分馴化させた活性汚泥を 24 hr 空曝気した後、沈降円筒に移して十分攪拌破壊して得た沈降曲線を図 1 に示す。またこの結果を z を用いて整理すれば図 2 となる。あまり再現性のあるような結果ではないが、上述の初濃度の影響を裏書きするものと見てよからう。7180 ppm で²は界面沈降が著しく濃度による w の変化の影響が顕著にみられる。

4. 沈降界面を通りぬける濁質 界面沈降に際して、プランケット内より上澄濁度を与える微粒を放出する

可能性を検討するため、沈降円筒下部より注水し上部より上澄水を溢流させた。図 3 に上昇流速と汚泥プランケット内 SS 濃度との関係を示す。十分通水後の流出 SS は、プランケット層高さ、上澄水深深によらずほぼ 10 ppm 程度であった。これは微粒が 0.2 ひとたび成長フロックに吸収されると、再び分解して流出するものは僅かであり、また沈降粒子濃度によらず一定であること 0.1 を示す。したがって沈降実験において、沈降界面を通過する濁質は、最初からの微粒が未吸着のまま出てくるものであると考え、上記の実験において、プランケット内の適宜の位置にせん断破壊した汚泥を注入したところ上澄部でのフォトトランジスターで図 4 に示すような濁質の流出を検出した。濁度信号を積分し注入深さとの関係を求めると図 5 のようになる。約 8~10 cm のプランケット層を微粒が通過する間に、約半数が捕捉されていることが知られる。

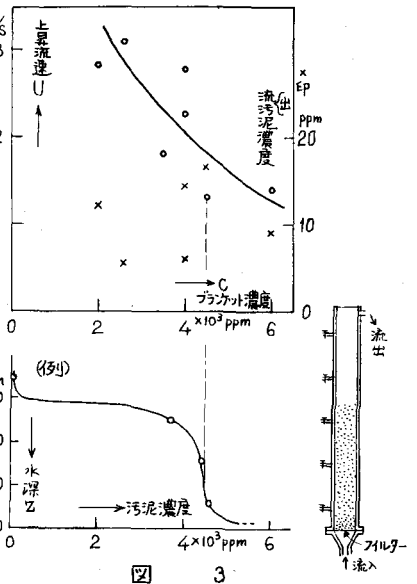


図 3

5. 簡単な凝集沈降モデルと、残留濃度

以上の考察からつぎのように極めて簡略化した凝集沈降のモデルを考える。微粒粒子が凝集沈降する際に、粒子相互の衝突が沈降速度の差によるものとすれば、若干成長した粒子は加速的に小粒子を吸収し限界の大きさに達する傾向がある。したがって簡単のために汚泥粒子を微小粒子と大粒子との 2 種類に分けて考え、

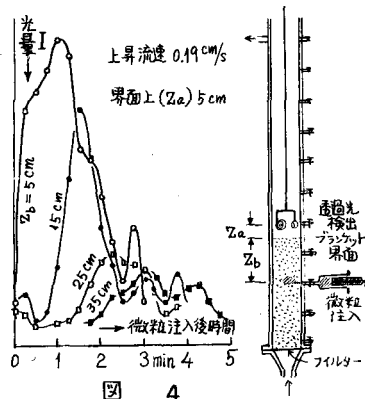


図 4

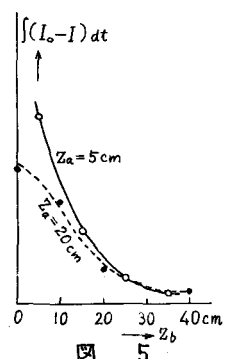


図 5

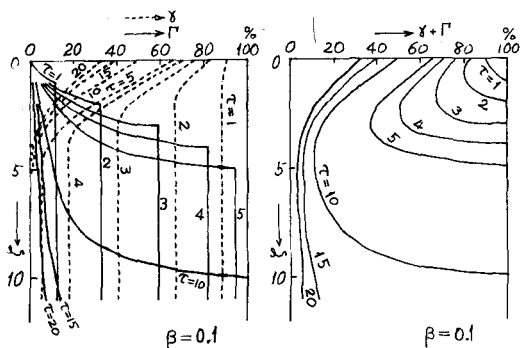


図 6

微小粒子の沈降速度を無視し、大粒子のみ速度 w で沈降するものとする。小粒子の濃度を c 、大粒子の濃度を C とし、小粒子相互の衝突により大粒子に成長する速度を fc^2 、大粒子が小粒子を捕捉する速度を FcC 、大粒子が破壊して小粒子を生じる速度を Gc とすると

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial c}{\partial t} &= -(FcC + fc^2 - Gc) \\ \frac{\partial C}{\partial t} + w \frac{\partial C}{\partial z} &= FcC + fc^2 - Gc \end{aligned} \right\} (4)$$

十分深い層内での定常状態における c を

$$\begin{aligned} 0.3 \quad c_{\infty} \text{ とかき, } C_{\infty} + C = c_0 \text{ とすると} \\ Fc_{\infty}(c_0 - c_{\infty}) + fc_{\infty}^2 - Gc_{\infty}(c_0 - c_{\infty}) = 0 \\ \therefore c_{\infty} = \frac{(Fc_0 + G) - \sqrt{(Fc_0 + G)^2 - 4Gc_0(F - f)}}{2(F - f)} \end{aligned} \quad (5)$$

$F > f \gg G/c_0$ とすると

$$c_{\infty} \approx G/F \quad (6)$$

を得る。図 3 に示した流出濃度は c_{∞} を表わすと考えられる。 $c - c_{\infty} = c'$ とかくと、上述の近似で

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -(F c' C + f c'^2), \quad \frac{\partial C}{\partial t} + w \frac{\partial C}{\partial z} = F c' C + f c'^2 \quad (7)$$

となる。いま $t=0$ で $C=C_0$ 、 $C=C_0$ とし、

$$\gamma = \frac{c'}{C_0 - c_{\infty}}, \quad \Gamma = \frac{C}{C_0 - c_{\infty}}, \quad \tau = (C_0 - c_{\infty}) F t, \quad \zeta = (C_0 - c_{\infty}) F z / w, \quad \beta = f / F \quad (8)$$

とおくと

$$\frac{\partial \gamma}{\partial \tau} = -(\gamma \Gamma + \beta \gamma^2), \quad \frac{\partial \Gamma}{\partial \tau} + \frac{\partial \Gamma}{\partial \zeta} = \gamma \Gamma + \beta \gamma^2 \quad (9)$$

なる式を得る。 β は流入フロックの破壊状態で定まる常数と考えられる。式 (9) の数値解の例を図 6 に示す。顕著なことはかなりの時間を経た後には、上澄水中の濃度は水表面近傍と下部で高く中間が低くなる。実際には微小粒子もかなりの範囲にわたる沈降速度をもっているはずであるから水面近くの濃度ピークは下方に分散されるはずであるが、この部分を上澄水に残留する汚泥粒子濃度を与えると考えるとよいと思われる。それで中間の濃度の最も低い値のところ以下の濁質は除去され、それより上の部分が残留するとして沈降除去率を β とての関数として求めると図 7 のようになる。非常に粗い計算であるけれども実際の汚泥について c_{∞} および β の値をきめることができれば凝集沈降する粒子の横流式式散池における上澄水濁度のある程度推定することができると思う。