

京都大学工学部 学生員 松添 剛
 同上 正員 松本 忠生
 同上 正員 住友 哲

I.はじめに

本報は、昨年來大津市御ヶ崎淨水場内に設置している約 $\frac{1}{20}$ の模型プラントで、実際池における急速攪拌後の水を原水としてフロック形成池の流下方向に成長していくフロック径の変化を、数種の攪拌条件のもとで計測し、その関係を定式化すると共に今後のフロック形成のあり方を言及せんとしたものである。以下、結果を報告すると共に若干の考察を加えることにする。

II 実験結果と理論的考察

模型池では、相似条件として所要時間は満足する流量として60%で一定に保つ。実際池の流量は300m³/s、滞留時間は約50分であり、模型池の滞留時間は約7分である。以上の条件で実際池と模型池における粒径分布の流下方向への変化を調べたところ、一例としてFig.1, Fig.2を得た。また、形成池内のフロックの沈降速度を計測したところ、フロックが沈殿池で沈降しきれないときの粒径は実際池で0.04cm、模型池で0.05cmであることがわかった。Fig.3,4は、沈殿池における濃度残存率の変化を示したものである。この計測は積分球式濃度計によるもので、実際池で9割、模型池で6割前後除去できていることがわかる。一方Fig.1,2においてX3形成池における面積百分率曲線上斜線で表わす面積は、実際池で12%、模型池で35%を占め、その結果と対応していることがわかる。そこで以下Fig.5に示すように粒径の粒子の体積以下の粒子群に注目しつつ、上記対応について理論的考察を進めてみる。

一般に、粒子数に関しては次式が基礎式となる。

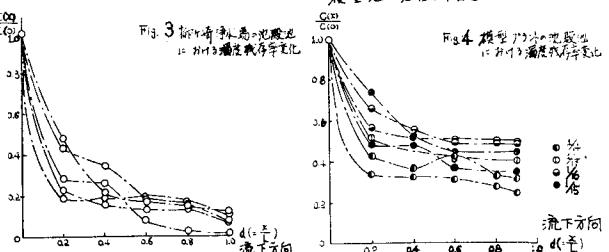
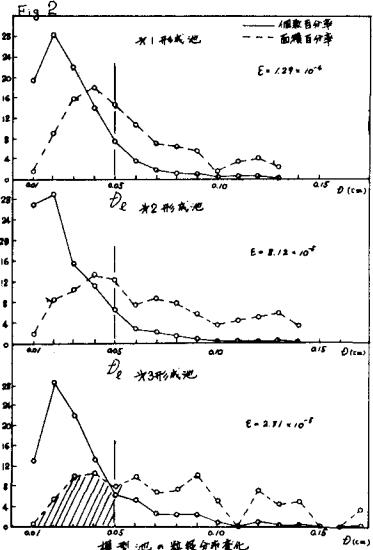
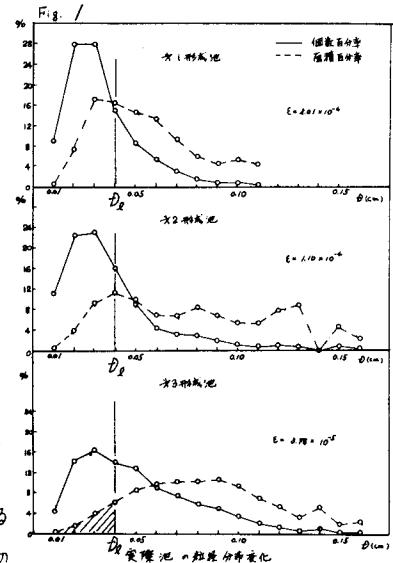
$$\frac{\partial n(v,t)}{\partial t} = - \int_0^v P_{11}(v,v-v') n(v',t) dv' + \int_v^\infty P_{21}(v,v-v') n(v',t) dv' + \frac{1}{2} \int_0^v P_{11}(v',v-v') n(v',t) n(v-v',t) dv' - n(v,t) \int_0^v P_{22}(v',v') n(v',t) dv' \quad (1)$$

但し、 $n(v,t)$ ；時刻 t における体積 v の粒子数
 $P_{11}(v,v-v')$ ；単位時間、単位体積あたりひびる粒が
 v と v' に破壊される確率

$P_{22}(v,v'-v)$ ；同様に v' が v と $(v-v')$ に破壊さ
 れる確率

$P_{11}(v,v-v')$ ； v と $(v-v')$ が衝突合一する確率
 $P_{22}(v,v')$ ； v と v' が衝突合一する確率

体積 v がある程度小さく成長期にあるフロックに注目すれば、(1)式は定式で表わせる。



$$\frac{\partial n(v,t)}{\partial t} = \int_0^\infty p_b(v, v' - v) n(v', t) dv' - n(v, t) \int_0^\infty p_a(v, v') n(v', t) dv' \quad (2)$$

破壊確率を $p_b(v, v' - v) = K_B \varepsilon^{m_1} v^{-m_2}$, 衝突合一の確率を $p_a(v, v') = \alpha_0 \varepsilon^{\frac{1}{2}} v (1 + \frac{v}{v'})^3 \approx \alpha_0 \varepsilon^{\frac{1}{2}} v$

と近似表示されば、

$$\begin{aligned} \frac{\partial n(v,t)}{\partial t} &= K_B \varepsilon^{m_1} \int_0^\infty v^{-m_2} n(v', t) dv' - \alpha_0 \varepsilon^{\frac{1}{2}} v \cdot n(v, t) \int_0^\infty n(v', t) dv' \\ &= K_B \varepsilon^{m_1} \left\{ \int_{v_0}^\infty v^{-m_2} n(v', t) dv' + \int_{v_0}^\infty v^{-m_2} n(v', t) dv' \right\} \\ &\quad - \alpha_0 \varepsilon^{\frac{1}{2}} v \cdot n(v, t) \left\{ \int_{v_0}^\infty n(v', t) dv' + \int_{v_0}^\infty n(v', t) dv' \right\} \quad (3) \end{aligned}$$

となる。この式を 0 から ∞ まで v について積分すると、

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \int_0^\infty n(v, t) dv &= K_B \varepsilon^{m_1} \int_0^\infty \mu_{m_2}^{**} dv + K_B \varepsilon^{m_1} \int_0^\infty \mu_{m_2}^{**} dv \\ &\quad - \alpha_0 \varepsilon^{\frac{1}{2}} \int_0^\infty n(v, t) v N_e dv - \alpha_0 \varepsilon^{\frac{1}{2}} \int_0^\infty n(v, t) v (N - N_e) dv \quad (4) \end{aligned}$$

但し、 $\mu_{m_2}^{**}, \mu_{m_2}^{**}$; ε が v_0 以下、 v_0 以上 m_2 次モーメント

N ; 單位体積あたりの総粒子数

$N_e, N(N - N_e)$; ε が v_0 以下、 v_0 以上 N_e 上の粒子数

となり、更に定式のようになる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \int_{v_0}^\infty n(v, t) dv &+ \frac{\partial}{\partial t} \int_{v_0}^\infty n(v, t) dv \\ &= \frac{\partial N_e}{\partial t} + \frac{\partial N'}{\partial t} \\ &= \{ K_B \varepsilon^{m_1} \mu_{m_2}^{**} v_{max}^{**} - \alpha_0 \varepsilon^{\frac{1}{2}} N^2 \bar{v}_e \} + \{ K_B \varepsilon^{m_1} \mu_{m_2}^{**} v_{max}^{**} - \alpha_0 \varepsilon^{\frac{1}{2}} N^2 \bar{v}' \} \quad (5) \end{aligned}$$

但し、 v_{max} ; 最大粒径フロットの体積

このように、 N_e の導入により ε を境にして粒径分布に応じて通りの取扱いが可能になる。一つは v_0 以下の粒子に着目して、 $N_e \times \bar{v}_e$ あるいは、 $\frac{\partial N_e}{\partial t}, \frac{\partial \bar{v}_e}{\partial t}$ 等に関する議論する方法であり、もう一つは v_0 以上の粒子について、巨視的に \bar{v} や \bar{v}' あるいは、 $\frac{\partial \bar{v}}{\partial t}, \frac{\partial \bar{v}'}{\partial t}$ 等で凝集の良否を議論する方法である。(5)式を二分割して

前者は $\frac{\partial N_e}{\partial t} = K_B \varepsilon^{m_1} \mu_{m_2}^{**} v_{max}^{**} - \alpha_0 \varepsilon^{\frac{1}{2}} N^2 \bar{v}_e \quad (6)$ を、

後者は $\frac{\partial N'}{\partial t} = K_B \varepsilon^{m_1} \mu_{m_2}^{**} v_{max}^{**} - \alpha_0 \varepsilon^{\frac{1}{2}} N^2 \bar{v}' \quad (7)$

を基礎として議論を進めるわけである。後者の例として Fig. 6 を挙げる。従来、平均的に粒子径を大きくすることを目的としてきたので、後者の方針が多く研究されてきたが、Fig. 6 では、確かに平均径は大きくなっているが、Fig. 3.4 でわかる様に除去率はも判別が限界で後者だけでは論じえないといえる。フロット形成の本来的目的は、

沈殿池で粒子の沈降除去が可能なよう粒子群を成長させることがある。この場合、平均的な粒子径を大きくすることを目的としてきたので、後者の方針が多く研究されてきたが、Fig. 6 では、確かに平均径は大きくなっているが、Fig. 3.4 でわかる様に除去率はも判別が限界で後者だけでは論じえないといえる。フロット形成の本来的目的は、

沈殿池で粒子の沈降除去が可能のように粒子群を成長させることである。この場合、平均的な粒子径を大きくすることは N_e の減少速度を最大にするのであり、(6)式の条件で粒成長すればフロットの N_e は最も短時間に減少するはずである。今回の実験では、 N_e を定量化するに至らなかったので m_1 を決定できなかつたが、 ε と N_e の関係を別途実験にて量化することができ、今後の研究方向を示すことができた。凝集の瞬間濃度として $Y = -\frac{\partial N_e}{\partial t}$ を取扱いながら、(3)式に Y を乗せて 0 から 100 まで積分すると Y として Y を取扱うことになる。このように凝集の目的濃度としてはいろいろ取扱いがあるが、その例を示してみた。今後は式(6)(7)の適用的な取扱い方に着目を加え、いくつも式(5)との関連について更に研究を深めようとする。

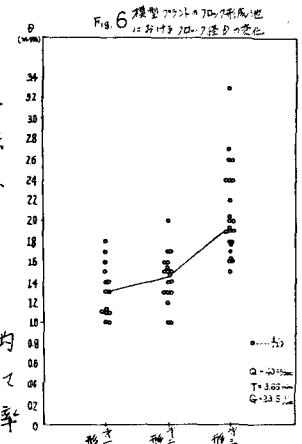
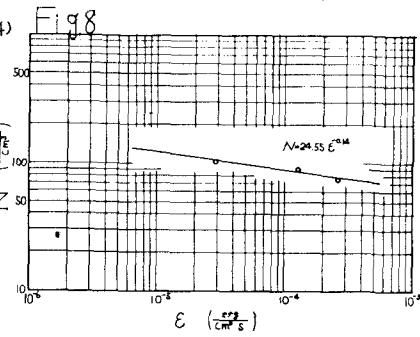
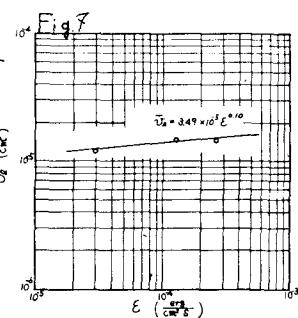


Fig. 8 は $N = 24.55 E^{0.14}$ (6) 式を得ている。 Y を極大にすることは N_e の減少速度を最大にするのであり、(6)式の条件で粒成長すればフロットの N_e は最も短時間に減少するはずである。今回の実験では、 N_e を定量化するに至らなかったので m_1 を決定できなかつたが、 ε と N_e の関係を別途実験にて量化することができ、今後の研究方向を示すことができた。凝集の瞬間濃度として $Y = -\frac{\partial N_e}{\partial t}$ を取扱いながら、(3)式に Y を乗せて 0 から 100 まで積分すると Y として Y を取扱うことになる。このように凝集の目的濃度としてはいろいろ取扱いがあるが、その例を示してみた。今後は式(6)(7)の適用的な取扱い方に着目を加え、いくつも式(5)との関連について更に研究を深めようとする。最後に本研究は文部省科学研究所 155206 の援助を受けたことを付記し、謝意を表す。