

京都大学工学部 正 員 住友 恒
同 上 学 生 員 宇治 貞宏
同 上 学 生 員 〇平井 雄二

1) はじめに

フロックの成長過程については、従来からさまざまな研究がなされている。しかし、これらはおもにフロック成長の初期段階におけるものであり、フロックが成長して流体から受ける剪断力による破産が無視できなくなる、場合でのフロックの挙動を明らかにしていく必要がある。フロックの破産については、表面侵食およびフロックの分裂といふ2つの現象が考えられる。本報では特にフロックの分裂による破産に限定し、実験1では活性汚泥フロックについて懸浮フロック数の変化、実験2ではアルミフロックにおける粒度分布に注目して破産過程に関する若干の考察を述べてみる。

2) 理論式

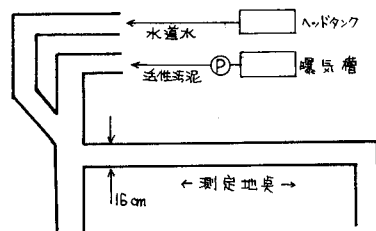
粒数数の時間的変化を表わす式として次式を与える。

$$\frac{\partial n(u, t)}{\partial t} = \frac{1}{2} \int_0^u R_2(u, u-u') n(u', t) n(u-u', t) du' - n(u, t) \int_u^\infty R_2(u, u') n(u', t) du' \\ - \frac{1}{2} \int_0^u R_1(u) R_2(u, u') n(u, t) du' + \int_u^\infty R_1(u') R_2(u', u) n(u', t) du' \quad (1)$$

ここで、 $n(u, t)$ は時刻 t における体積 u のフロック数、 $R_2(u, u')$ は凝集速度定数 [cm^3/sec]、 $R_1(u)$ は u のフロックの破産速度 [$1/\text{sec}$]、 $R_2(u, u')$ は u のフロックが u' と $(u-u')$ のフロックに分裂する確率である。

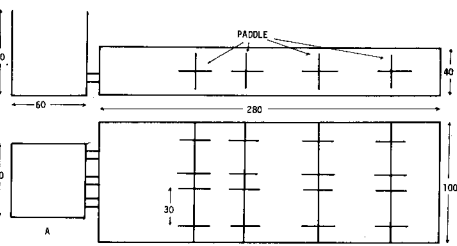
3) 実験装置および方法

3-1. 実験1 図1に示すように水道水と曝気槽からポンプアップした活性汚泥とを適量水路に流すと成長フロックが水路を流下する。水路に上下・水平迂流式に設置したじゃま板による乱れにより、フロックの破産が進行する。小型アロペラ式流速計により流速を計るとともに、フロック数・粒径の変化を近接撮影により求めた。



(図-1) 実験装置 (実験1)

3-2. 実験2 装置概略図を図2に示す。Aの水槽に水道水(40 l/min)、塩類として桂川上流から採取した土砂(48 ppm)、硫酸バンド(65 ppm)、アルギン酸ソーダ(1 ppm)、アルカリ剤としてNaOHを投入して急速撹拌を行い、Bの部分でフロック圧成び、ほぼ飽和する(Bの部分のパドル回転比は上流側から1:0.34:0.11)である。Cのパドル回転数を適宜変えてフロック破産を行い、粒度分布を近接撮影により求める。



(図-2) 実験装置 (実験2) 単位 cm

4) 実験結果および考察

4-1. 実験1 実験1では破産過程のみ起こっていると考えら

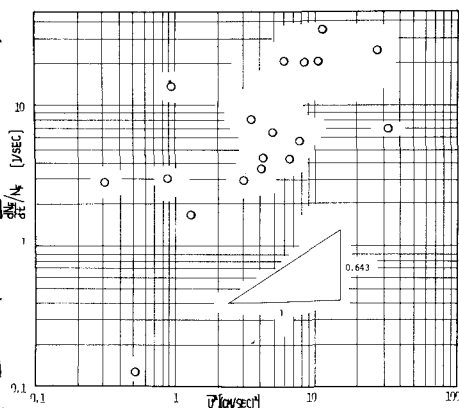
れる。(1)式で破産現象のみ起こっている場合では、 u_F より大きい粒子の総個数 N_F の時間的変化は次式で与えられる。

$$\frac{dN_F}{dt} = \int_{u_F}^{\infty} R_1(u) n(u, t) du - \int_0^{u_F} \left[\int_u^\infty R_1(u') R_2(u', u) n(u', t) du' - 2R_1(u) n(u, t) \right] du \quad (2)$$

対象とするフロックが大きい場合、分裂によって数少フロックの生じる確率 $P_2(v, v)$ ($0 \leq v \leq v_f$) が $P_2(v, v)$ ($v_f \leq v$) に比べて小さいと考え、上式のオミスを無視すると次式が得られる。

$$\frac{dN}{dt} = \int_{v_f}^{\infty} P_1(v) n(v, t) dv \doteq \overline{P_1(v)} N_f \quad (3)$$

近接撮影でフロックと認められるもの(径が0.2~2.0mm)の個数と調べ、その変化の割合を乱れ強度に関して示したのが図-3である。破壊強度 $\overline{P_1(v)}$ は単位時間当りにフロックが破壊抵抗力以上の剪断力を受ける確率であるから(破壊成功率を1とした場合)攪拌強度の関数であると考えられる。これは乱れ強度と関連しているのが図-3の結果は妥当であるといえる。



(図-3) 乱れ強度と破壊強度との関係

4-2. 実験2 図-2でこの部分のペダル回転数を変え、様々な攪拌強度のもとでの粒度分布を求めた例を図-4に示す。ただし、近接撮影から求めたので粒径約0.1mm以下のフロックは無視している。この図から粒度分布は対数正態分布といえるようである。実験1においては、マクロな風地にち $P_1(v)$ は G のみの関数と考えたが、フロック強度(破壊抵抗力)はフロック体積 v に依存するので、 $P_b = P_1 \cdot P_2 = K G^m v^m$ と考えてみる。(ここでは、 $P_2(v, v)$ は v に関して一定と考えている)。この式を(1)式に代入すれば破壊過程を考慮した場合の粒度分布が得られるが、(1)式は非線型な微分方程式であるので解析困難である。そこで次のように仮定することにより常微分方程式に変形する。

$$n(v, t) = G(t) \cdot \psi(\eta) \quad , \quad \eta = N v / \Phi \quad (4)$$

ここで、 N は全粒子数濃度、 Φ は粒子体積濃度である。これより(1)式を変形し、破壊の卓越している果を考えると粒度分布に関して次式を得る。⁽²⁾

$$4 \mu_{m+1}^* \psi(\eta) + 2 \mu_{m+1}^* \eta \frac{d\psi}{d\eta} + \eta^m \psi = 0 \quad \text{すなわち} \quad \ln \psi(\eta) = -2 \ln \eta - \frac{1}{2 \mu_{m+1}^*} \frac{1}{m+1} \eta^{m+1} + C \quad (5)$$

ここで $\mu_{m+1}^* = \int_0^{\infty} \eta^m \psi(\eta) d\eta$ 、 C は定数である。実験から得られた粒度分布と(5)式とを比較することにより、 m の値を求めると $m = 1.8 \sim 3.0$ であった。

5) おわりに

フロック破壊に関する研究としては、Kaufmanの表面浸食モデルによるものがあるが、大きなフロックを対象とする場合本報で述べたようにフロック分裂による粒子数増加をも考慮する必要があると思える。本報では破壊確率 $P_b = K G^m v^m$ における K 、 m の値を推定するまでには至らなかったが、今回得た m の値をもとにして(1)式を数値計算し今回の実験との比較をする必要がある。また実験1では $\overline{P_1}$ と乱れ強度 v で示したにとどまらず、今後はエネルギー消散率を用いて ϵ/ω に関してデータを得る必要がある。これらについては今後の研究課題とした。

(参考文献) (1) 丹保憲仁他 フロック強度に関する研究 水道協会雑誌 427号 昭45.4

(2) 平井雄二 京都大学卒業論文 (1977)