

北海道大学 工学部 衛生工学科 正員 〇 丹保篤仁・押川士郎

1. はじめに 高速接触沈澱池におけるフロック形成は大量の母フロックに対して注薬をうけて生成した微フロックが吸合されるのが特色であり, Conventional 型のフロッキュレーター内では微フロックの個数濃度(n)の2次反応であったフロック成長度が n の1次反応となつてあらわれてくる。また, 高速接触沈澱池においてフロックを形成する方式には2通りがあり, 大別しスラリー循環型等に典型的に見られる強制攪拌下における乱流運動によるものとスラッジブランケット型に見られる浮遊している粒子の沈降速度差(上昇速度差)によるものになる。本論においてはこの2つの典型的な場合について理論式をあげ, 実際にどの程度の大きさの形成速度を有しているのかを明らかにしたい。

2. 強制攪拌下におけるフロック形成. 母フロック至 D に比し, マイクロフロック至 d が無視しうるほど小さい場合の接触フロック形成を支配する式は次のように示される。

$$dn/dt \div -3\pi\sqrt{\epsilon_0/\mu} D^3 N n = -18\pi\sqrt{\epsilon_0/\mu} n \quad \text{----- (1)}$$

ここで, n : 単位体積の流体中の微フロック数 ($1/\text{cm}^3$), N : 単位体積の流体中の母フロック数 ($1/\text{cm}^3$)
 ϵ_0 : 単位時間に単位体積の流体中で失われる渦エネルギー ($\text{erg}/\text{cm}^3 \cdot \text{sec}$), D : 母フロックの直径 (cm), μ : 水の粘性係数 ($\text{g}/\text{cm} \cdot \text{Sec}$), V : 単位体積の水中に浮遊している母フロックの体積 (無次元), t : 攪拌継続時間

パッチ実験によりあらかじめ母フロックを存在させて接触攪拌を行った1例を実験4について図示すると図-1のようである。図に示すように実験結果は1次反応を良く示している。ここで K は1次反応の速度定数で $3\pi\sqrt{\epsilon_0/\mu} D^3 N$ である。 D , N は写真測定によつた, フロック体積 V は計算に際しては写真測定の値を用いた。 FV と記されたものは30分沈降体積で写真によるものとの比 m は FV が2%以下ではほとんど1である。攪拌槽は図-2に示すような寸法のものである。20 r.p.m. の実験例でフロック体積 V を0.7%から4%に変えた場合の K 値を図示すると図-3のようであり接触フロック形成速度は理論のようにフロック体積の1乗に比例して増加することが実験的に確かめられた。

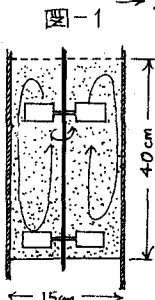
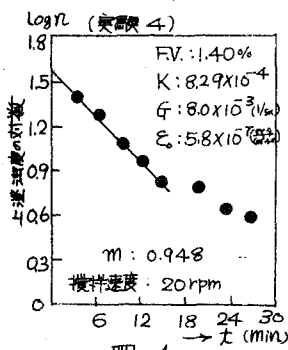


図-2

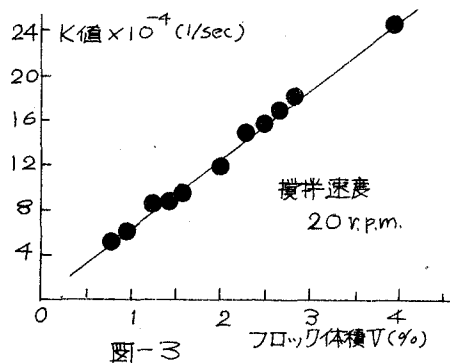


図-3

これら K 値とフロック体積を用いて $G = \sqrt{\epsilon_0/\mu}$, (1/sec) ϵ_0 ($\text{erg}/\text{cm}^3 \cdot \text{sec}$) を計算したところ $G \approx 8.0 \times 10^{-3}$ (1/sec), $\epsilon_0 \approx 5.8 \times 10^{-7}$ ($\text{erg}/\text{cm}^3 \cdot \text{sec}$) となつて一般に考えられている値に比して数倍も小さな値であることが知られた。このこ

とから攪拌動力の大半は攪拌槽の水流を保つために消費されてしまい、フロック形成に有効なものはごく僅かの部分であることを示している。

もしもフロック形成に有効なエネルギー消費量 E_0 が考える流況下でパドルの運動から計算された全消費量と直線的な関係があるとするればCampが示した次式のような関係がある。

$$K = -1.8 V \sqrt{\frac{E_0}{\mu}} \propto \sqrt{W/\mu} \propto v^{\frac{3}{2}} \quad \text{----- (2)}$$

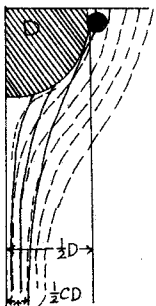
ここで、 W : 全動力消費量 (erg/cm²·sec), v : パドルの線速度 (cm/sec), 回転数 R rpm. に比例する。そこで $K_{R_{rpm}}/K_{20_{rpm}} = (R/20)^{\frac{3}{2}}$ となり、 R_{rpm} を 30, 40, 50 と変えると K_R/K_{20} は図-4 の破線のようになるはずである。しかしながら実測資料の変化はほぼ直線で示されCampの式において示されたような単純なパターンでは讀み取れぬことを示している。この様な整理を行うとフロック体積に關係なく一本の直線で K と回転数の關係が求められる。 K_R/K_{20} と R の關係が直線となっているので $E_0 \propto R^2$ の關係が考える攪拌條件に対して近似出来る。この關係を図示すると図-5のようである。このように回転数と有効攪拌強度は流れのパターンにより異なってくるのでそれぞれの装置についてこの關係形を上記の様な手順で求める必要がある。

3 スラッジブランケットにおけるフロック形成 スラッジブランケットの或るレベルの層を考えるとそこに浮遊している至 D の母フロックに下部から流れ込んで来る至 d の小フロックが吸合される式は、粒径の異なる二粒子群の流降衝突に対する式と同じで、沈降がストークス領域でおけるとすると、 $D \gg d$ の條件を仮定して式-3のよりに示される。

$$dn/dt = -\frac{\pi g}{72} \left(\frac{g-1}{\nu}\right) (D+d)^3 (D-d) N n \div -\frac{\pi g}{72} \left(\frac{g-1}{\nu}\right) D^4 N n \quad \text{----- (3)}$$

今上昇流速を v とすると $v = \frac{g(g-1)}{18\nu} D^2$ であるから、 $dn/dt = -\frac{\pi}{4} v D^2 N n$ ----- (4)

$dx = v dt$ であるから、 $dn/dx = -\frac{\pi}{4} D^2 N n$ ----- (5) となって対数的に強度の減衰が生じて行くこととなる。今フロックの径を0.05cm, 上昇流速を6cm/min=0.1cm/sec, とするとフロックの周囲の流れを定義するレイノルズ数は $Dv/\nu = 0.05 \times 0.1/0.01 = 0.5$ となりストークスの流れの仮定をしている。図-6に示すようにこのような流れにあつては衝突半径は $\frac{1}{2}D$ よりも小さく $\frac{1}{2}CD$ となる



ことが考えられる。実際のフランクの運動條件から式-5を用いて計算を行うと、99%小フロックを除去するに要するブランケット厚は1cm程度のもとなり、実際の状態と比較すると C は 10^1 程度の値を持つのではないかと推定される。この値は D と d の寸法比によって大きく変わるはずで d がある値より小さくなると衝突は行なわれないことが知られている。Langmuirが水滴の成長についてストークス流れを仮定して行った計算を準用すると D が0.5mmに対し d が1mmにもならないと衝突しないと云った矛盾した結果を来し、スラッジブランケット内の流れに対する基本的な解析を更に必要としている。このことから、ブランケットでも弱い乱

れの存在がブランケット内での衝突を支配していることも暗示し、 C 値の衝突が重大な意味をもつ。