

フロックブランケットの除去効果

北大工学部 助教授 丹保 寛仁

大学院D.C 穂積 準

日立製作所 小俣 勝邦
(北大研究生)

1. はじめに

接触高速凝集沈殿池の2つの大きな分類の1つであるフロックブランケット型における母フロック、濁質等の除去のメカニズムについては実用化されて久しい今日でも猶ほよく解かっていない。そこで筆者等はパイロットプラント($30\text{ m}^3/\text{d}$)およびモデルプラント($1\text{ m}^3/\text{d}$)を用いて、フロックブランケット型の除濁効果の実験研究を行ない、その機構について若干の知見をえたのでここに報告する。

2. パイロットプラント($30\text{ m}^3/\text{d}$)による予備的研究

実験装置・実験に用いたのは図-1に示すような標準型式のフロックブランケット型であり、実験は札幌市藻岩浄水場構内で浄水場の沈降槽み原水を用いて行なった。インペラーの回転数は全実験期間を通じて44 r.p.m.に固定した。

実験方法: 実験は種々フロック採り率($F.V$)を変えて攪拌コーン内部(図-1のB部)と外部ブランケット部(図-1のC部)の各深さから不攪乱採水し、30分沈降後の $F.V$ とエ澄水濁度を求めた。不攪乱採水は上部に栓を付けたガラス管を用い、栓を閉じにます所定の水深にガラス管の先端が来るように挿入し、栓を少しずつあけて静かにフロック懸濁液を管下端より流入させ、所定量流入したら栓を閉じて、下端が水面直下に来るまで静かに引上げる。水面直下でガラス管底部をゴム栓で閉じ、槽外に移して所要時間静置した後、測定を行なう。

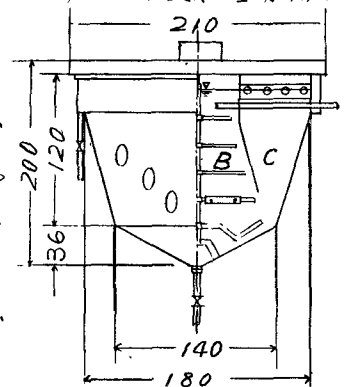


図-1

実験結果: このようにして得られた実験データの内、ブランケットの $F.V$ の大きなものと、小さなものの2例について示すと図-2, 図-3のようである。

これらの図を見て直ちに理解できるように流入水中の濁度は内部コーンの内で母フロックとの強制接触攪拌によって合一されてしまい、フロックブランケットは唯単に母フロック群の上方への散離を起ささないための抑止効果を持っているにすぎないように思われる。

唯、この際内部コーンの母フロックは強制攪拌をうけるおり明らかに小径で、フロックブランケット下部でこれら小型の母フロックの大型母フロックとの衝突は見られるであろうが、図の深さ80cmの点が内外部を分けるコーンの下端であることと30分沈降のエ澄水についての実験であることを考えるとこの図中にこの結果はあらわれない。

いずれにしてもマイクロフロックの吸合は強制攪拌を行なっている内部ローンで進行し、ブランケットは静的な固液分離を行なう場を与えているにすぎない事が推論される。

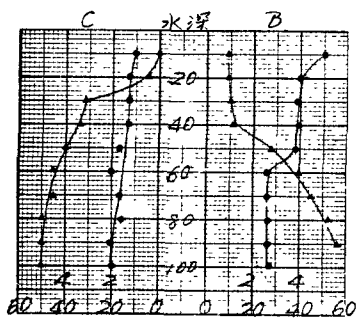


図-2

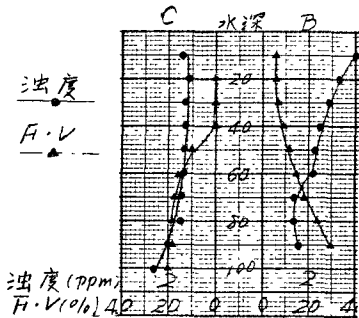


図-3

よって研究室内で検討することとした。

3-1 実験装置

実験のフローシートは図-4のようである。フロック形成攪拌槽においては所定の回転数(したがって所定のエネルギー消費量)で攪拌が行われ、フロックはその攪拌強度下の最大成長径にまで達するに十分な時間が与えられる。フロック形成槽の滞留時間が攪拌部の上昇速度(したがって全処理流量)を変えることにより変化させる影響を最小限にするため有効攪拌強度を $10^{-5} \text{ erg/cm}^2 \cdot \text{sec}$ 程度(後述)と高くとり、この強攪拌に充分耐えうる様アルギン酸ソーダーを多量に添加してフロックを強化した。

所定の攪拌強度でフロック形成を終えた懸濁液は上昇流式沉殿槽($10 \times 35 \times 1850 \text{ cm}$)の下部から流入する。沉殿槽の流入口

にはバッフルが設けられていて流入時の動エネルギーによるグラунケット下部の攪乱を減ずる様になっている。

沉殿槽内には母フロックによるグラунケットが構成され、微フロックを含んだ水が通過するさい微フロックのみを衝突吸合して上澄水が表面から越流する。

3-2 実験条件

- 1) 原水: 北工工学部衛生工学科自家用井水を用いた。
- 2) 濁質: 市販の粗製カオリンスラリーを適量原水に加えて原水濁質とした。
- 3) 凝集剤として硫酸アルミニウム、アルカリ調整剤として水酸化ナトリウム、フロック形成補助剤としてアルギン酸ソーダーを用いた。
- 4) 滞留時間: フロック形成槽における滞留時間は沉殿槽の表面負荷率を変化させることにより変わるが、表面負荷率 5 cm/min の時約10分間である。
- 5) グラунケット厚さの調節: フロックグラунケット厚の調節は沉殿槽の側面に付した7個のバルブのいずれかを用いてスラリーをグラунケット上面から通すことにより行なった。

3-3 フロック形成攪拌強度の算定

この実験プラントのフロック形成は非接触型であるが、その攪拌強度の測定も非接触型で行なうことは非常に難しいので、攪拌強度の測定のみは接触型で行なうこととした。この場合用いられる攪

3. 小型モデルによる実験

工法の推論がどの様な遅延赤汗の場合にも成り立ちうるのかを種々の攪拌強度によるフロック形成条件およびフロックグラウンケットの条件の組合せについて検討するため、より容易に広範な処理条件を作り出しうる小型モデルに

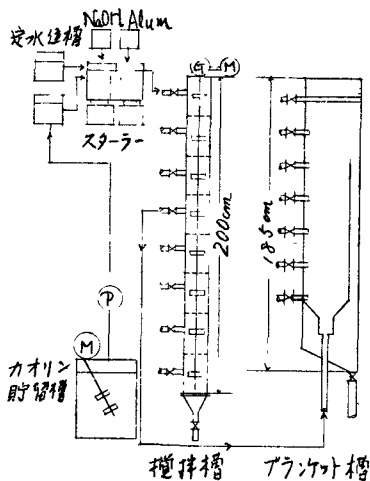


図-4

制御条件下における接触フロック形成による微フロック数の減少は式-1によって示される。

$$\frac{dn}{dt} = -3\pi\beta\sqrt{\frac{E_0}{\mu}} ND^3n$$

$$= -18\beta\sqrt{\frac{E_0}{\mu}} V_f n \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 n : 単位体積中の微フロック数 ($1/cm^3$)、 β : 比例定数 (簡単のため 1 とする)、 E_0 : 有効攪拌強度 (単位時間に単位体積の流体中で失われるフロック形成に有効なエネルギー) ($erg/cm^3 \cdot sec$)、 N : 単位体積の流体中にある母フロック個数 ($1/cm^3$)、 D : 母フロックの径 (cm)、 V_f : 単位体積中にある母フロックの体積 (無次元)

単位体積の微フロック数 n と濃度 T の間に比例関係があるとする。

$$\log T = -Kt + \log T_0 \quad \text{----- (2)}$$

ここで、 $K \equiv 3\pi\beta\sqrt{\frac{E_0}{\mu}} ND^3$ 、 T : t 秒攪拌後の上澄水濃度、 T_0 : 原水濃度、 t : 攪拌時間 (sec)

式-2を用いて攪拌インペラー回転数を変えて行なった実験の結果を半対数紙上にプロットしたものは図-5の様である。これから E_0 を計算し、回転数と、対応する粒子径との関係を示したものが図-6である。これから、 E_0 は $10^{-5} \sim 10^{-4} erg/cm^3 \cdot sec$ の所にあり、原水濃度 200 度、硫酸アルミニウム 100 ppm、アルギン酸ソーダー 25 ppm を添加した時のフロック径は、回転数 (エネルギー消費量) に応じて 0.5 ~ 0.1 mm の範囲内にあった。

このように回転数と E_0 の間には回転数の二乗に E_0 が比例する関係があり、おしるに流体中での特性を示している。また粒径は回転数の二乗に反比例する。アルミニウムのみのフロックの場合はこのような比較的高い攪拌強度下ではすべて 0.1 mm 以下に粒径分布を有している。

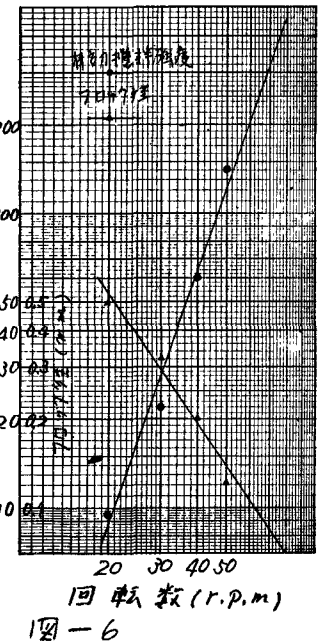
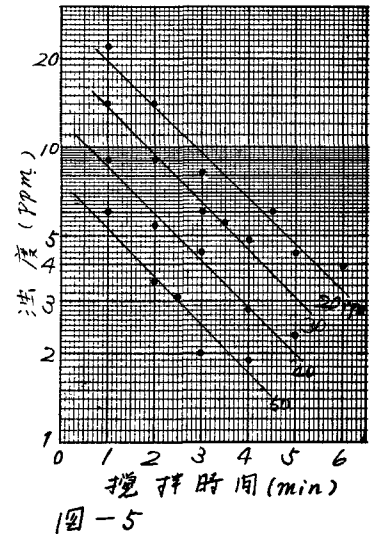
3-4. フロックグラニケット内での除去式の適用

フロックグラニケット内における微フロックの減少を示す式は次のようである。

$$\frac{dn}{dt} = -C' \frac{\pi}{4} \omega D^2 N n \quad \text{----- (3)}$$

$$\frac{dn}{dt} = -C' \frac{\pi}{4} D^2 N n = -C' \frac{\omega}{2} \frac{V_f}{D} n \quad \text{----- (4)}$$

ここで、 t : 接触時間 (sec)、 ω : 母フロック群の沈降速度 (フロックグラニケット部の上昇流速



(cm/sec), x : フロックブランケット下部からの距離 ($x = wt$) (cm), c : フロックブランケット内部における微フロックと母フロックの衝突合一条数。

この式を用いてフロックブランケット内での除去の速さを求めるには、 c , D , N 等を知りなければならぬ。

i) V_f/D の推定, 直接 N , D を高濃度の懸濁液について求めるのは不可能なので、フロック体積比 V_f を定法で求め、径 D を推定して V_f/D を DN の代りに使用するとよい。ここで問題となるのは D を求めることである。直接写真撮影は高濃度のためほとんど不可能であるから次の様な定法によることにした。

図-7は同一条件下で作られたブランケットのフロック体積率と上昇流速の関係を示すもので、両対数プロットはほぼ45°の傾きを持つ直線となる。この直線を上昇流速の高い方に延長し、フロック体積率が1%となる点、すなわちフロックが干渉状態をしなくなるであろうと思われる点まで外挿するとその時の上昇速度はほぼ1.7 cm/sec である。フロックの密度はほぼ1.005程度と仮定するとほぼ2mm程度の粒径となる。そこで V_f/D はこの場合については $V_f/0.2$ と云った値で計算を行なうと良いであろう。

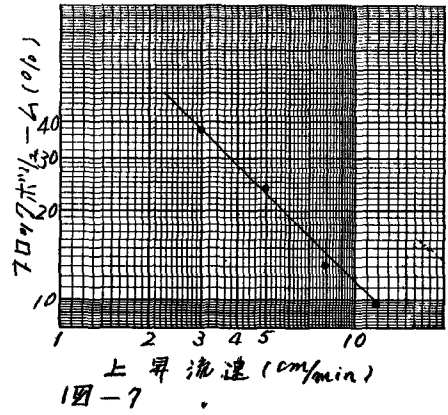


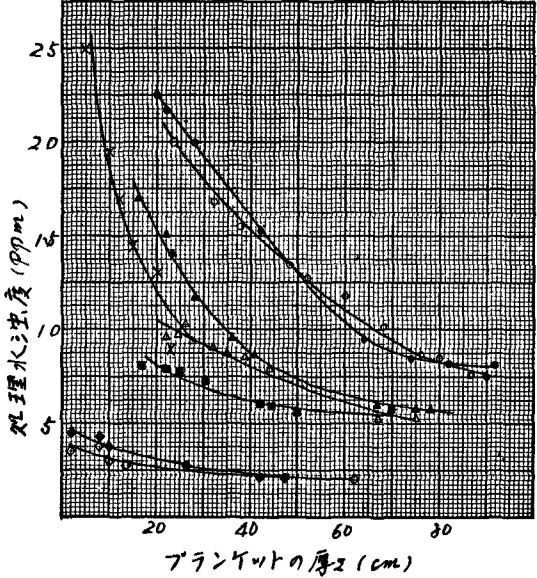
図-7

ii) C 値の推定

フロックブランケット厚さ、上昇流速(表面負荷率)、流入粒子径を変えて懸濁処理水の濁度を測定した結果は図-8のようである。この実験データの内部表面負荷率の高いものは流入濁の影響を大きく受けて後述するような攪乱による濁度流出の影響が大きいので、このような影響の最も少ない上昇速度3 cm/min の場合について検討してみよう。

上昇原水濁度が50度であることを考えると実際上10 cm 以内で濁度が除去されて有り、 $V_f/D = 0.4/0.2 = 2$ を式-4に代入して計算すると C は0.1程度となる。

図中の各上昇速度での除去率曲線はいずれも10% ~ 10% $\text{cm}^2/\text{cm}^2 \text{sec}$ と攪拌強度が相当大きく違っているがフロックを受け入れられているにもかかわらず、ブランケット厚さと除去の関係に影響を及ぼ



	A	B	C	D	E	F	G	H
上昇流速 cm/min	12	12	8	8	5	3	3	3
回転数 rpm	8	20	20	20	20	20	40	0

図-8

していない。このことから一定フロック形成を行なった粒うにあつては0.1程度の衝突率をほとんど

の場合考えてよい事が知られる。このことからフロックブランケットの理論厚さは上昇速度が十数 cm/min となりフロック体積率が 10% 位に下っても高々数 cm あれば良い。

しかしながら H 曲線で示されるように全くフロック形成を行わず 2 分間の急速攪拌のみでマイクロフロック状で下部から懸濁液を流入させた場合には体積率 C の値はいらじろしく小さくなり、前と同様の計算を行なうと C は 0.005 となり、充分な除去を得るためには相当厚いブランケット層を要することを示す。

3-5 フロックブランケット厚さを決定する整流要素

図-8 にみられる実験結果中、表面負荷率をあげたもののブランケット層厚に併う除去率の向上はきわめてゆるく、前述のような方法で C を計算すると極端に小さな値となる。衝突係数 C の値は、衝突する粒子径が大きいほど、また粒子相互の相対速度が大きいほど大きな値を持つことが定性的に知られており、その点からは H 曲線より小さな C 値を A ~ E 曲線が示すことはありえない。

そこで、この実験における高い上昇流速時における、フロックブランケット厚の増大に伴う除去効率の向上は、低い C 値による、すなわちブランケット内における衝突率の減少に伴うものではないと考えられる。

次に考えられる要因としては、上昇流速の増大によるフロックブランケット内のおしれの増大が本来は静的であるはずの分離界面(フロックブランケット上面)へもおしれを及ぼして、微小フロック粒子の流出を誘起すると云ったことであろう。これを裏づけるものとして、(1) 図-8 の A, B, C, E 曲線はいずれもフロックブランケット厚を増して行なった極限の除去率が上昇流速によって異なり、高い上昇流速のものほど極限除去率が悪くなっている。(2) 同じ上昇流速であればフロック形成度が異なっても極限除去率はほぼ同じであらうと云うことが H 曲線と F, G 曲線からも推定できるし、また、A, B および C, D 曲線などからも理解できる。(3) 原水濁度を大巾に変えても図-9 に示されるように極限の除去率は同じような値を示し、ブランケット内での濁度除去は原水濁度量に全く無関係にみえる。このことは、吸濁がごく底層部で終了しているためで(C 値が大きい)、整流効果が主としてブランケット厚を支配する主因子であることを示すものである。

この様に考えまくなると、フロックブランケット型の除去効果を高めるためには従来の様な無難な底部よりの流入方式でなく、充分な整流効果をもった構造を考へると、なによりも多チャンネル上昇水路の採用等によるブランケット内でのおしれの減少に充分の配慮が必要である。

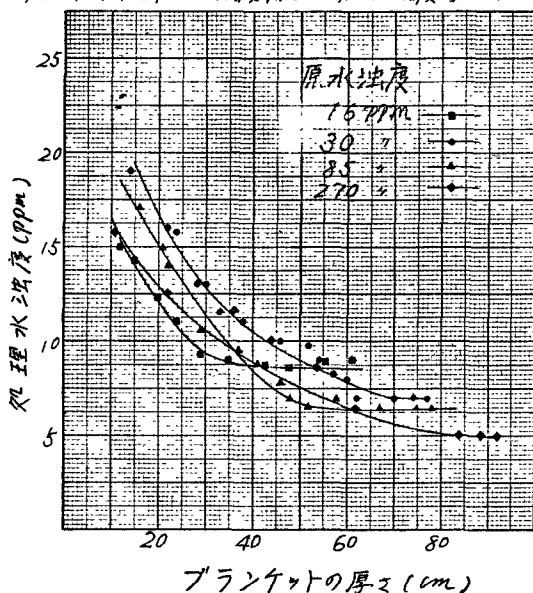


図-9

参考文献

- 丹保, フロック形成過程の基礎的研究 (I),
(II), (III), 水道協会雑誌 372, 381, 382.