

九州大学工学部 正 員 栗谷陽一
 同 学生員 楠田哲也
 同 同 〇江副章之介

1 まえがき

水処理のフロックスランケット法におけるように、上向流中にフロックが高濃度で存在する場合には、フロックの沈降に伴ない乱れが生じる。この乱れの場合におけるフロックは、フロック相互の結合で成長すると同時に、他方では破壊を起しながら、平衡状態となっている。このフロックの結合及び破壊の機構と、上向流速との関係を調べる事を目的とした。これらの関係を調べるのに乱れの場合の動的条件のもとで、

1. フロックの劣化現象
2. 上向流中のフロックの再結合係数と破壊係数
3. 水量負荷変動によるフロック破壊量の変化

のうつを取り上げた。

2 単純化した破壊理論

フロックスランケット内に鉛直上方に x 軸をとり、原点をランケット底面にとる。フロックスランケットを形成するフロックは、多くのフロック群（主要な部分をなし、濃度は C ）と、破壊した若干の小フロック（濃度は c ）とから成りたっていると考ええる。フロック群は、上向流速と沈降速度で、平衡を保つが、破壊フロックは、沈降速度がきわめて小さいのでこれを無視すると、上向流速で流し出されることになる。この時 $c \ll C$ であるとすると、破壊したフロックが、フロック群に吸収されて、その一部となる割合は、

$$\alpha \text{ を } \text{const.} \text{ として, } \alpha c C$$

破壊を起すフロックの割合は、

$$\beta \text{ を } \text{const.} \text{ として, } \beta C$$

である。この時、 α を再結合係数、 β を破壊係数と名付ける。

したがって、 u を上向流速として定常状態を考えると、

$$\frac{Dc}{Dt} = u \cdot \frac{dc}{dx} = -\alpha c C + \beta C \quad (1)$$

$\alpha = 0$ で $C = 0$ とすれば、(1) 式は

$$C = \frac{\beta}{\alpha} (1 - e^{-\frac{\alpha c}{u} x}) \quad (2)$$

フロックスランケットの高さを H とすると、

$$\frac{dH}{dt} = -\frac{u}{C} \cdot C \Big|_{x=H} = -\frac{\beta u}{\alpha C} (1 - e^{-\frac{\alpha c}{u} H}) \quad (3)$$

ここで、 $H \rightarrow \infty$ とすると、 $\frac{dH}{dt} \rightarrow -\frac{\beta u}{\alpha C}$ となる。

$H \rightarrow 0$ の、フランクットの減少速度の H に対する微係数は、

$$\frac{d}{dH} \left(\frac{dH}{dt} \right)_{H=0} = -\beta \quad (4)$$

(4) の微係数をもち、原点を通る直線と、(3) の漸近線との交点の α 座標を、フロックの破壊量の変化、 $\frac{d}{dH} \left(\frac{dH}{dt} \right)$ が、急変するという意味で、限界高さと呼びける。

限界高さ H_c は、

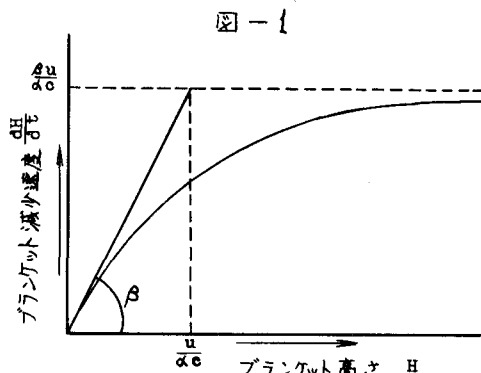
$$H_c = \frac{u}{\alpha c} \quad (5)$$

フロックフランクットの濃度は C で近似できるので (3), (4) から α 及び β が求まり、(5) から H_c が求まる。

破壊したフロックはフランクット境界面から、上澄水の方へ上昇していく。このフロックは上昇中、互いに衝突合体し成長する。このフロックがある粒径にまで達すると、上向流速より沈降速度が大きくなり、逆に沈降し始める。したがって破壊フロックの上方への輸送量が、補集器とフランクット境界面との距離によって変化する。よって破壊量を求めるため、境界面直上に補集器を設けた場合、両者の距離によって、破壊量に見かけ上差を生じる事になるので、両者間の距離には特に注意を要する。

3. 実験装置、方法

高さ 4 m、内径 58.2 mm のアクリル樹脂管を用い、その管の下端に $G1$ のプラスフィルターを設置した。ヘッドタンクを通った水は、流量計とニードルバルブを通過後、このフィルターを通して管内を上昇し、破壊されたフロックを採取するために設置された補集器の出口に取付けられたゴム管を通してオーバーフローする。なお破壊フロックはフランクット境界面直上の上澄水中に置かれた補集器によって常に補集され、フランクット中を上昇してきた水と共にオーバーフローする。この管の上端から下端まで、スライト可能な、光源とフォトランジスタを持った台を取付け、フロックフランクットのレベルが電気的に測定可能のように 1 cm 間隔に接点を取付けた柱を管に平行に設けた。フォトランジスタは、光源の、フロックからの反射光のみを受光するようになっている。したがって、フォトランジスタからの電流とフロック濃度とは比例するものと考えられる。なお、使用フロックは管内水道水に指宿小谷産カオリン 5.0 g/l を混和した原水に、硫酸バンド及びセパランを注入後、水平攪拌式ジャーテスタにて 300 r.p.m. で 10 分間、60 r.p.m. で 20 分間攪拌し、5 分間静置後、上澄水とすて得たものである。フロック濃度は、(単位面積当りのフロック質量) / (フランクット高さ) で求めた。フロック質量は実験中に、実験の組毎にとり、破壊フロックを含んだオーバーフロー水；及び実験終了後、管内に残ったフロック懸濁水を乾燥させて測ったものである。フランクット内の上向流速の測定は、フランクットの定常時に行なった。管最下端より飽和食塩水を注入し、管側壁に等間隔に取付けた電極の電気伝導度のチャートをもとにして、電極間を食塩水の全量の $1/2$ が流れるのに要した時間から、フランクット内の真の上向流速を求めた。



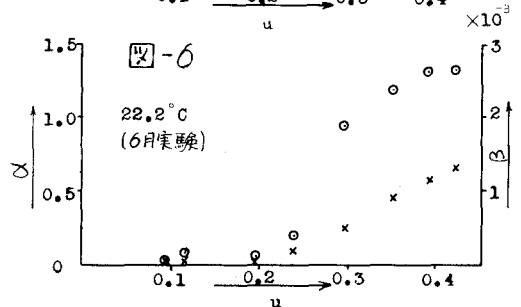
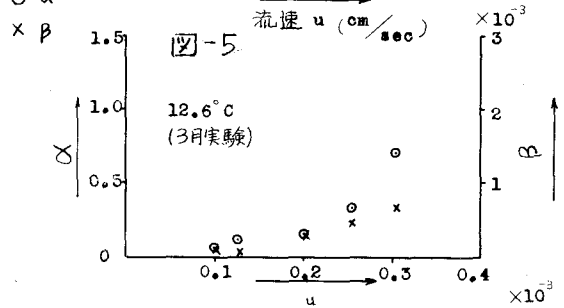
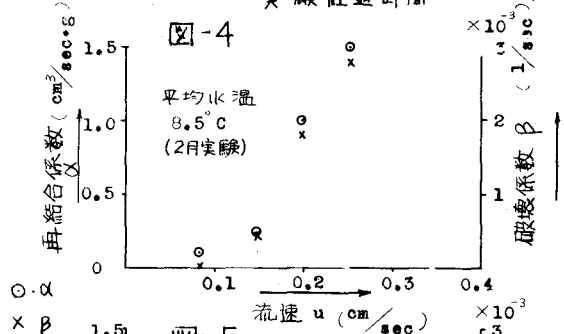
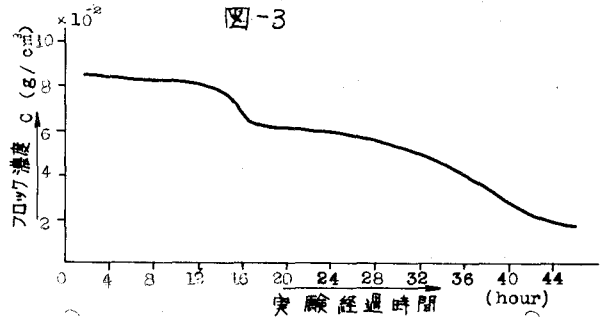
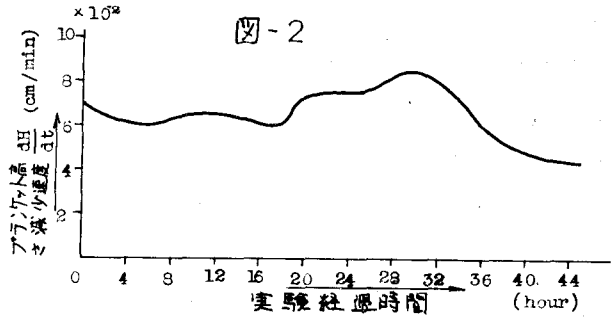
4. 実験結果 考察

4-1 フロックの物化現象

管内のフロックを上向流中で長時間にわたって破壊すると、図-2, 3 のように、実験開始後は時間につと、スランケット境界面の高さの減少速度が増加し、30時間後に最大値をとった。後はスランケット境界面の高さの減少のため次第に減少も続ける。フロック濃度は、最初は0.08 g/cm³であるが、14時間後に急に減少し始め0.06 g/cm³程の濃度となり、10時間程ほぼ一定であるが、実験開始後約28時間経過すると再び減少をし始め、次第に減少の一途をたどった。この時の流速は、0.16 cm/sec. である。このフロック性質の変化の原因は、まだ説明していないが、水道水による長時間の実験による洗浄がフロックを物化させていると考えられる。したがってこの種のフロック実験は、フロックが最初の性質を維持している間に行うのがよいと考えられる。

4-2 上向流中のフロックの再結合係数、破壊係数

フロックスランケット境界面の高さと破壊速度の関係を図-1に示す。前述の理論より $\left(\frac{dH}{dt}\right)_{H \rightarrow \infty} = -\frac{\beta u}{\alpha C}$ 、 $R_c = \frac{u}{\alpha C}$ 、 $\frac{d}{dH}\left(\frac{dH}{dt}\right)_{H \rightarrow \infty} = -\beta$ はすべて、図-1よりわかる。これより、流速 u と再結合係数 α 、流速と破壊係数 β の各々の関係は、図-4, 5, 6. に示す。図-4の実験月日は2月で、実験中の管内水道水の平均水温は、8.5°C、図-5は3月実験で、平均水温、12.6°C、図-6は6月実験で、平均水温は22.2°Cのものである。これらより、流速減少に伴ない、再結合係数、破壊係数は共に減少してい



ることがわかる。又、破壊を無視しうるとみなされる点（フロック間の空隙が急激に減少すると考えられる点）は、水温が、 8.5°C 、 12.6°C と低い時の実験では、流速が、 0.08 cm/sec 程度であるのに対して、 22.1°C と水温が高くなると、流速は、 0.1 cm/sec とわずかながら高くなっている。この事は、冬季と夏季とでは、フロックの性質が異なり、夏季のフロックは、冬季のものに比べて破壊されにくいと考えられる。これは、夏季の破壊係数 β が、冬季のものよりも、かなり小さい事からも分ると思われる。又、再結合係数 α の値は、破壊係数 β の値に伴って増加している。 α は再結合係数であるが、これがこの場合、附着効率に比例しているので、 α と附着効率とをみると、夏季においては、フロック粒径が大きく、フロックが沈降しやすくなると同時に、破壊係数も冬季に比べて、値が小さくなっており、破壊があまりに少くなっていると考えられる。しかし冬季においては、フロック間の附着効率は、夏季とあまり変化はみられないが、フロック粒径が小さく、破壊の起りやすいフロックとなっている。

4-3. 水量負荷変動によるフロック破壊量の変化

これは図-7に示す。2月、3月、6月と、水温上昇に伴って、同じ流速であっても、フロック破壊量が減少しているのがわかる。これは、前述した、水温が低い時よりも、高い時の方が、同じ流速であっても、破壊係数 β が小さいという事からも推定できる。

5. おおび

以上の実験結果及び考察を要約すると、

1. この種のフロック実験は、フロックが最初の性質を維持している間（水道水実験で約12時間内）に行うのがよいと考えられる。

2. 破壊係数の冬季と夏季における相異は、再結合係数のそれよりも、図より明らかであるが、再結合係数に関しては、まだ不明な点があるので、今後の実験の対象としたい。

図-7

