

- (11) 高分子凝集補助剤を用いたフロッキュレーションに関する基礎的研究
 (12) 活性汚泥の沈降性状に関する基礎的研究*
 (13) 高濃度凝集性粒子群の沈降特性 (討 議)

東京大学 松尾 友矩

フロックの形成、沈降という現象が上水、下水といった分け方を問わず水処理の重要なプロセスであることは言うまでもない。またそれらのメカニズムについてはすでにいくつもの理論、モデル、データが示されているにもかかわらずなお未解明な点が多く残されている。ここでは標記三論文に対する私なりの位置づけを示しながらいくつかの点についてのコメントを示し“討論”としたい。

フロックの形成、沈降を支配している要因間の関係は次のように模式化して考えられる。

I) フロックの形成を支配するもの

- a) フロックを構成する基本粒子 (これの定義は残されていそうであるが) の
 (a-1) 化学的要因 電位, pH, ALI比, アルカリ度 etc.
 (a-2) 生物的要因 F・M比, バッキ経過時間, 生物相, 栄養条件 etc.
 b) 基本粒子の凝集, 破壊を支配するもの
 (b-1) 物理的(力学的)要因 回転速度, 空気量, 流速, 乱流強度, Re数, G値, マイクロスケール, 攪拌時間, 基本粒子の濃度 etc.

II) できたフロックの沈降を支配するもの

- c) フロックの粒径 d) フロックの形状 e) フロックの密度 (これらは(a-1), (a-2), (b-1)の結果としてきまる。円保等によって示された密度関数で関係づけられる。)

III) できたフロックの単粒子としての沈降と群としての沈降の関係を支配するもの

- f) 空隙率, 濃度, 器壁の影響 etc.

g) 粒径あるいは密度あるいは沈降速度がもっている分布 (普通, フロックのようなものでは沈降速度の異なる個々のフロックが群としてはみかけ上同一の沈降速度をもつ (等速界面沈降) ことは自明のこととはいいがたいと考えるので), etc.

以下紙面の都合もあり, 上記の関係を頭にいれながら, いくつかのコメントを列記していく。一つの論文に個有のものとな一般的議論が混ざってしまうことが気になるが, 三人の発表者がそれぞれの立場からお考えを示していただけたらと思う。

楠田論文に関連して

1) G値の指標性について; 粒子どうしを衝突させ, さらに粒子との相対速度の結果として剪断力が働くといったモデルにおいて流体側の条件を示すものとしての, いわゆるG値には限界があるのではないだろうか。なぜ平均流速, 変動流速, あるいは回転速度といった直接的な量にもっと注目しないのだろうか。楠田論文でも同一G値を与えてもパワースペクトルを比べてみれば翼の間隔が異なればその差は10倍程度にもなっている (図-4, 図-5) [これと同じようなケースを私も経験しており⁽¹⁾ Ω との関係で示したことがあるが] わけであり, その差がフロック体積の差として現われている (

図-7)のではないかと思われる。その意味からいえば、そもそもマクロな量であり積分値でもある ε 又は G といったものの空間的な分布を考えるというのは何か方向がずれるような気がする。パワースペクトルをもっと大事にできないだろうか。

2) $-\frac{5}{3}$ 乗則(慣性小領域の存在)に関連して; コルモゴロフにはじまるいわゆる普遍平衡理論における $-\frac{5}{3}$ 乗則に従う領域が存在する条件としては、乱流強度を u 、長さのスケールを λ_g 、動粘性係数を ν とするとき $(u^2\lambda_g/\nu)^{3/2} \gg 1$ が要求されるといわれている。ここで λ_g として $5 \times 10^{-2} \text{cm}$ (粒径相当) $\nu = 10^{-2} \text{cm}^2/\text{sec}$ を代入すれば $(5u)^{3/2} \gg 1$ となり、 $u \gg 10 \text{cm/sec}$ が少なくとも要求されることになる。このことは水のようなものを対象とした場合においてさえ小規模な装置においては慣性小領域が存在するような条件は事実上つくりだせないことを意味している。したがって、実験結果として得られるみかけの $-\frac{5}{3}$ 乗則と乱流理論という $-\frac{5}{3}$ 乗則とは必要以上に一緒に議論しない方がよいのだと考えられる。

3) マイクロスケールと粒径の関係について; Hinze "Turbulence"によれば、速度積から求められる Micro or Dissipation scale λ_g ; $\frac{1}{\lambda_g} = -\frac{1}{2} \left[\frac{\partial^2 \overline{u^2}}{\partial r^2} \right]_{r=0}$ と普遍平衡理論による平衡領域での代表的な長さの尺度として次元的に定義された $\eta = (\nu^3/\varepsilon)^{1/4}$ の間には、 $Re_\lambda = u\lambda_g/\nu$ として $\lambda_g/\eta = 15^{1/2} Re_\lambda^{1/2}$ の関係があると示されている。一方最大粒径はどちらかといえば空間的な速度の変化によるフロックの破壊によって規定されてくるものであると考えられるから η よりも λ_g の方がその物理的意味から適当なように思われる。ちなみに λ_g は $\lambda_g = 15^{1/2} \nu^{1/2} \varepsilon^{-1/4} u$ となり、同じ ε (同じエネルギー消費量)ならば u の大きい方が大きな λ_g を与えることになる。この傾向は大翼と小翼のフロック径の差を説明(図-4、図-5を比較)するものとはならないであろうか。真柄、宇土沢論文の(11)式に何故 ρ_0 が必要なのだろうか。また同論文でのマイクロスケールからの予測値と実測粒径の差をどうお考えだろうか。

真柄・宇土沢論文に関連して

4) 生物的条件に関連して; F/M 比を変えたときのフロック径、有効密度の実験値は沈殿までを含めた処理のプロセスに対して非常に有効な情報を与えてくれるものと思われる。普通は、有機物負荷が大きくなると汚泥はどちらかというと Dispersed な状態になっていくといわれているように思うが、結果は逆になっている。どんな理由が考えられるのであろうか。

また、マクロフロックとマイクロフロックには何か特别的(生物的な意味で)違いはなかったのだろうか。活性汚泥の凝集性(沈降速度)ということとマイクロなものが残るということはちがうことのように考えられる。図-7における濁度と TOC の関係はどう考えたらよいのだろうか。

丹保・宇土沢論文に関連して

5) 分布をもつものの群速度について; "成層沈降"という言葉になじみが少ないので"界面沈降"と同じような状態を想定しておくが、等速界面沈降またはフランクットの平衡条件を考える場合、一番の問題は分布をもつものが何故同一の速度を示すかという点にあるのであり、(1)式または(2)式のモデルには大きな限界があるように思われる。

6) 密度関数に関して; 密度関数におよぼす攪拌(物理的条件)の影響をどう考えておられるだろうか。柿田論文によれば、攪拌に対する履歴現象のようなことが認められているようであるが。またフロック径にはフロック濃度はあまり関係しないものなのだろうか。

(1) 松尾友矩 他; "乱れの構造に関する研究(第二報)", 第7回衛生工学研究討論会 P.103 (1971)