

CS - 53 横流式沈殿池のシミュレーション —不安定な沈殿池に発生する渦の挙動—

武蔵工業大学 正員 綾 日出教
日本下水道事業団 正員 岩崎 旬
武蔵工業大学 学生員 尾崎 正博

はじめに

横流式沈殿池において流速が遅くフルード数の2乗が 10^{-7} より小さくなると不安定になることが知られている¹⁾。密度流は流入濁質濃度が高いと強くなるが、その起動力は密度フルード数で表せる。本研究では数値シミュレーションにより、やや不安定な横流式沈殿池を基準として流入部の密度フルード数が流れに及ぼす影響を調べるとともに、衝撃的な濃度負荷で生じる渦に対する、計算の時間刻みの影響を観察した。

シミュレーション手法

流れ関数と渦度による定式化に濃度の移流方程式を組み合わせ無次元化した支配方程式を用いる。離散化には有限要素法を採用し、時間方向には後方オイラー法を使用した。有限要素法では三角要素を用い、縦横それぞれ24に分割、節点数625、要素数1,152とした。単粒子沈降、単一粒子径とする。

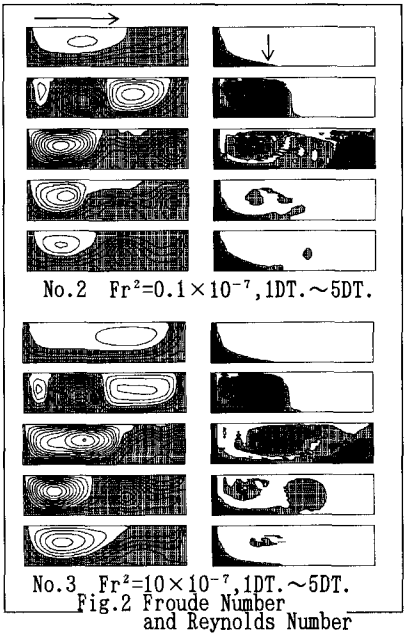
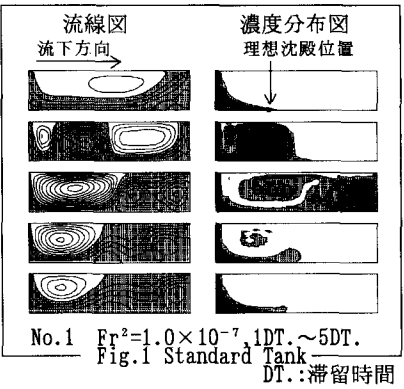
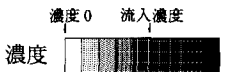
数値実験1

水深3m、池長14.8m、表面積負荷30m/dayの沈殿池(Fig.1)を基準とし、流量と流入濃度を調節してフルード数・レイノルズ数のみを変動させたもの(Fig.2)と、流入濃度を変えて密度フルード数のみを変動させたもの(Fig.3)をシミュレートした。他の無次元量は一定である。ここで、レイノルズ数 $Re=UD/\nu$ 、フルード数 $Fr=\sqrt{U^2/(gD)}$ 、密度フルード数 $Fd=\sqrt{(Fr^2\rho)/C}$ 、平均水平流速:U、動粘性係数: ν 、水深:D、水密度: ρ 、重力加速度:g、濃度:Cである。解析条件はTable1に示した。流入濃度は初期値0から1.0滞留時間まで直線的に増加して、規定値に達した後は

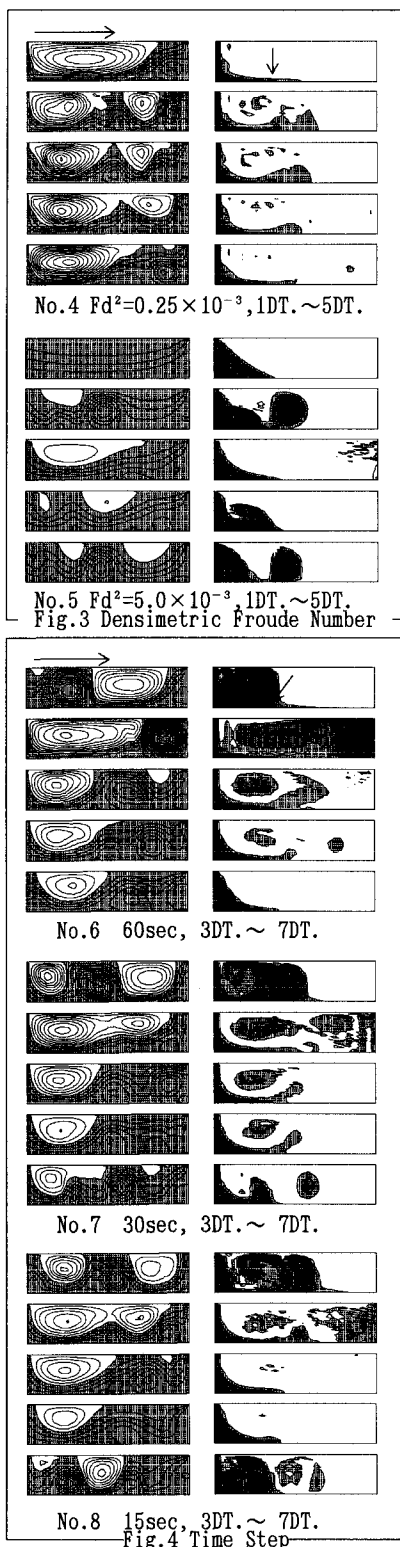
Table 1 Analysis Condition

Fig.	1	2	3
Issue	Basic Tank	Froude, and Reynolds No.	Densimetric Froude No.
Simulation No.	1	2	3
水深	m	3.00	-
池長	m	14.8	-
表面積負荷	m/day	30.0	9.50 94.9
平均水平流速 $\times 10^{-3}$ m/s	1.92	0.542	5.42
滞留時間	hr	2.40	7.59 0.759
流入濃度	mg/l	99.8	9.98 998
水密度	kg/l	0.998	-
動粘性係数 $\times 10^{-6}$ m ² /s	1.02	-	-
沈降速度 $\times 10^{-3}$ m/s	1.00	0.316	3.16
時間刻み	sec	80.0	180 19.0
池長/水深	4.94	-	-
Re	5060	1590	15900
Fr^2	$\times 10^{-7}$	1.00	0.1 10.0
Fd^2	$\times 10^{-3}$	1.00	-
沈降速度/平均水平流速	0.583	-	0.25 5.00
滞留時間/滞留時間	144	-	-

注 一:は基準沈殿池と同じ値である



注)
・ 流れ線で、濃い部分は時計回りの流れである。
・ 理想的な沈殿完了位置は、沈殿池入り口からの長さ3分の1の位置である。



一定とした。

数値実験2

数値実験開始後2.0滞留時間の間は濃度0で運転し、瞬時に規定の流入濃度になるとした。流況に対する時間刻みの影響を調べるため、3種の時間刻みを採用した。そのほかの条件は数値実験1の基準沈殿池と同様である。結果をFig.4に示す。

結果

基準とした沈殿池（Fig.1）では大きな時計回りの渦が発生し、その渦が流出するまでは濁質のキャリーオーバーが続いた。時計回りの渦は周期的に発生し、下流へ移動する。密度フルード数が同じである場合（Fig.1,2）には、流入量の変動によりフルード数、レイノルズ数が異なっても顕著な差異は認められなかった。

流入部直後で水面の近くに生ずる反時計回りの渦は、流入濁質濃度が高いときはよく発達する。しかし沈殿効率に対しては大きな影響を与えない。これは、反時計回りの渦によって密度の高い流れが底部に押しつけられ沈殿する距離が短くなり、早期に濃度が減少するためであろう。一方、底部に発達した時計回りの渦は濃度の高い水を上方へ持ち上げるために沈殿の効率の低下を引き起こす。

フルード数が一定（池の形状・流量が同じ）で、流入濃度のみを変えた場合（Fig.1,3）には、流入濃度が高い低密度フルード数では強い反時計回りの渦が発生し、濁質が底部に押さえつけられ沈殿は速やかに終了する。逆に、流入濃度が低い高密度フルード数では渦の大きさは小さいが濁質の浮上が起きる。流況は、フルード数が同じでも流入濃度の変化により大きく異なった結果になる。沈殿池の密度フルード数には適正な範囲があると思われる。

衝撃的な濃度負荷を加えた沈殿池では、濁質流入開始直後に強い時計回りの渦が発生して濁質を浮上させ押し流す。計算の時間刻みを細かくすると、時計回りの渦の移動速度が速くなり、池底流や渦は弱くなったが、いずれの場合も流れは非常に不安定であった。時間刻みについては検討する必要がある（Fig.1,4）。

今回のシミュレーションでは、池の形状と理想的な沈殿完了位置を揃えたため、粒子の沈降速度がそれぞれ異なっている。また単粒子沈降、均一粒径の濁質としているので実際とは異なっている。流入口付近に発生する時計回りの渦が沈殿効率を悪くしているが、観測事例がないので、この渦の存在の確認と発生メカニズムについては、今後の課題とする。

参考文献

- 1) 綾日出教, 坂口元保, 田崎拓也, "横流式沈殿池の数値シミュレーション", 第29回環境工学研究フォーラム, 1992年12月