

II-252

横流式沈殿池のシミュレーション

- 流入口形状が流況へ及ぼす影響 -

武蔵工業大学大学院 学生員 ○阿部 隆司
武蔵工業大学工学部 正会員 綾 日出教

1. はじめに

密度差のある流体が同一の場に相接して存在するとき、その密度差が非常に小さな場合でも単一流体とは著しく異なる流動が見られ、密度差が流体の運動を規定する一要素となる。このような流れを密度流という。

横流式沈殿池においては、池内水と流入水の濃度差及び温度差があるので、密度流が生じる。密度流による短絡流や偏流は、池内に死水域を発生させ、実滞流時間の減少、沈積粒子の洗削及び再浮上を引き起こし、沈殿池の処理能力を低下させる一因となる。

2. 本研究の位置づけ

これまでの解析の結果、3 hr 経過後流入口付近に時計回りの渦が発生する事がわかったが、今回は流入口の形状を工夫することによって濁質の巻き上げをどの程度まで抑制できるか検討した。解析手法は有限要素法を用いた。

3. 解析方法

(1) 基礎方程式

解析には、渦度輸送方程式及び流れ関数式を用いた流れ関数渦度法を採用した。問題を簡単にするために、水温の変化は無いものとし、懸濁粒子が自由沈降するものとした。

今回の解析には、基礎方程式(1)～(3)を無次元化した方程式を用いた。式(1)～(3)は、それぞれ流れ関数式、渦度方程式、及び濃度拡散方程式である。渦度方程式には、粒子の濃度分布に起因する浮力の項を導入し、濃度拡散方程式には粒子の沈降速度を導入した。

$$\omega = -\left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2}\right) \quad \dots (1)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + u \frac{\partial \omega}{\partial x} + v \frac{\partial \omega}{\partial y} = \nu \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right) - \frac{g}{\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} \quad \dots (2)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + (v + v_s) \frac{\partial C}{\partial y} = K \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) \quad \dots (3)$$

ただし、 u : X 方向流速、 v : y 方向流速、 ψ : 流れ関数、 ω : 渦度、 ν : 動粘性係数、 C : 濃度、 v_s : 粒子沈降速度、 K : 濃度拡散係数、 g : 重力加速度、 ρ : 池内密度、 ρ_0 : 基準密度である。また、粒子の濃度拡散係数は小さいと考えられるので拡散係数 K を 0 とした。実際の計算には(1)～(3)式を無次元化した式を用いた。時間に関する離散化にはバックワード・オイラ法を適用し、(2)、(3)式にはSU/PG法を用いて風上化を施した。

(4) 解析条件

基準となる沈殿池をもとに、濃度、流入・流出口を変えた4ケースについて解析した。(Table1)

Table1 case1 ~ 4

	摘要	流入濃度	流入口	流出口	メッシュ図
基準池	基準となる沈殿池	基準	全面	0.36m	Fig.1
Case1	狭い流出口	基準	全面	0.12m	Fig.2
Case2	高流入濃度	高濃度	全面	0.36m	Fig.1
Case3	下半分流入	基準	下半分	0.36m	Fig.3
Case4	下半分高濃	高濃度	下半分	0.36m	Fig.3

どの場合も、解析対象は単純化した横流式沈殿池とし、水深方向に均一の濃度でかつ一様な流速で流入し、下流端で越流流出するものとした。解析に用いた四角形要素分割を Fig.1.2.3, 境界条件を Table2, 解析条件を Table3 にそれぞれ示す。

Table2 境界条件

ψ = 直線分布、 C = 規定値、 $\omega = 0$ on Γ_1
 ψ = 直線分布、 $\partial\psi/\partial n = 0$ 、 $\omega = 0$ on Γ_2
 $\psi = 1$ 、 $C = 0$ 、 $\omega = 0$ on Γ_3
 $\psi = 0$ 、 $\partial\psi/\partial n = -\nu C$ 、 $\omega = \partial v/\partial x - \partial u/\partial y$ on Γ_4
 $\psi = 0$ 、 $\partial\psi/\partial n = 0$ 、 $\omega = \partial v/\partial x - \partial u/\partial y$ on Γ_5
 n : 境界面に対する法線方向の成分

Table3 解析条件

水深	池長	流入流速	1滞留時間	流入濃度	沈降速度
3m	15m	0.00172m/s	2.4hr	基準 100mg/l 高濃度 200mg/l	0.001m/s

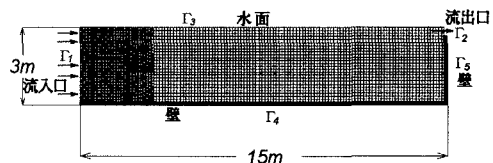


Fig.1 有限要素メッシュ図

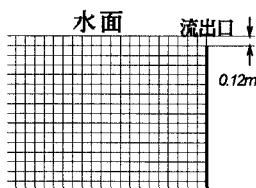


Fig.2 狭い流出口

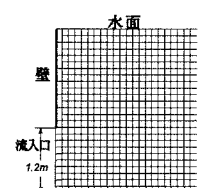


Fig.3 下半分流入

4. 結果と考察

基準の沈殿池 (Fig.4) は, 流入口付近で大きな渦が発生し, その影響で濁質が巻き上げられている. 流出口が狭い場合 (Fig.5), 時計回りの渦が流出口付近に発生しているが, これは流出口付近における水平方向の流速が急激に上昇したためと考えられる. 流出口を3倍に広げることにより解決した. 流入濃度を2倍にしたところ (Fig.6) 基準池より大きな渦ができ, 濁質を巻き上げた. 下側半分のみから流入した場合 (Fig.7), 反時計回りの渦ができるが, 濁質の巻き上げは見られなかった. 流入口下半分, 流入濃度を2倍にした場合 (Fig.8), 流況は安定し, 濁質の巻き上げも見られなかった.

今回の解析により, 流入量は減るものの下部からの流入は, 渦の発生を抑制し濁質の巻き上げを防止する効果が期待できると考えられる.

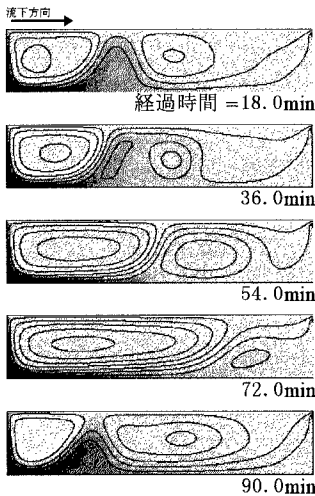


Fig.6 流線・濃度分布図 (case2)
- 流入濃度を2倍にした場合 -
流入濃度 = 200mg/ℓ

流入口付近に強い反時計回りの渦が発生し, 大きく濁質を巻き上げている. 濁質は, 流出口付近まで達している.

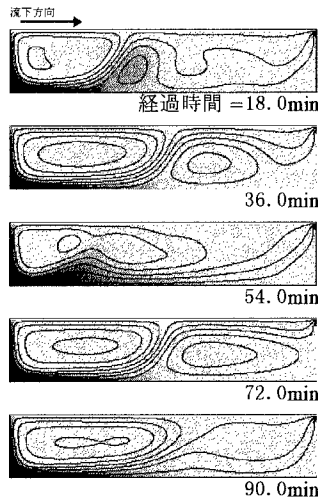


Fig.4 流線・濃度分布図
- 基準となる沈殿池 -
流入濃度 = 100mg/ℓ

流入口付近に反時計回りの渦が発生し, その渦が濁質を巻き上げている.

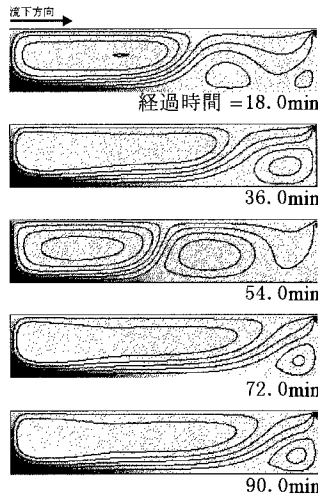


Fig.7 流線・濃度分布図 (case3)
- 下側半分より流入する場合 -
流入濃度 = 100mg/ℓ

流入口付近に, 比較的弱い反時計回りの渦が発生している. 渦による濁質の巻き上げは見られない.

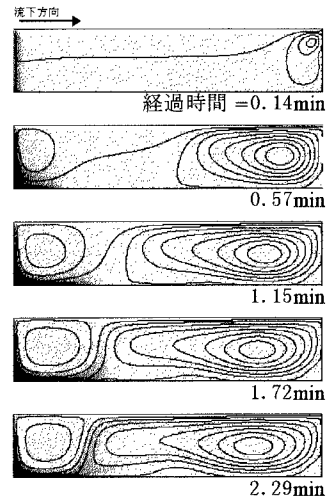


Fig.5 流線・濃度分布図 (case1)
- 流出口を狭めた場合 -
流入濃度 = 100mg/ℓ

早い段階から流出口付近より時計回りの渦が発生し, 急激に発達している. その渦により濁質が巻き上げられている.

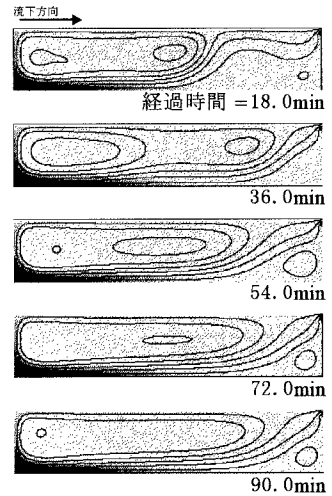


Fig.8 流線・濃度分布図 (case4)
- 下半分流入+濃度2倍の場合 -
流入濃度 = 200mg/ℓ

流入口付近に弱い反時計回りの渦が発生しているものの, 流況は安定している. 濁質の巻き上げも見られない.