

II-402 片側曝気浸漬ろ床における流動および混合に関する基礎的研究

京大工 正員 寺島 泰
京大工 正員 O長長正信

1 はじめに 水処理装置内の混合・流動は物質移動や反応に影響する主要な因子であるが、その詳細な把握は計測上の制約から極めて困難であった。しかし近年 鏡種かの流動の可視化法が開発され応用されつつある。筆者らは、高速ビデオとコンピューターによる運動解析のシステムを用いた、粒子追跡による流動解析の手法により、片側曝気浸漬ろ床における曝気条件、ろ床配置と形状、滞留時間などと流動の関係を解析し、合理的設計ならびに操作のための条件を明らかにするための研究に着手しているが、今回は主として曝気条件と流動との関係について検討した結果を報告する。

2 実験装置と方法 (1) 模型水槽 透明アクリル製模型水槽（長さ 500 mm、高さ 700 mm 幅 50 mm）に仕切板（長さ 410 mm 幅 50 mm 厚さ 10 mm）を図-1の①に示すように固定した。すむろ本装置は片側平行板型浸漬ろ床の1つのセル、つまり2つの平行板に囲まれた部分の模型となっている。散気球は図-1の②のように底面側部に設置した。曝気空気量の測定はフローメーターを使用した。模型水槽は所定的水位（565 mm）まで塩化ナトリウムで比重（1.006）に調整を行った水溶液で満たした。追跡粒子には直径（2 mm）比重（1.006）のプラスチック製球状粒子を使用した。

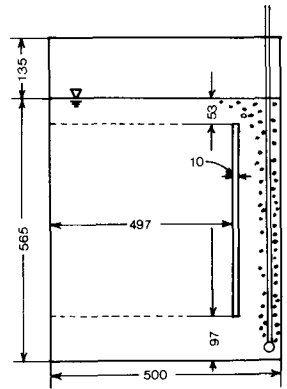


図-1 模型水槽

(2) ビデオ記録システム 図-2にビデオ記録システムの構成図を示す。シャッターカメラとビデオタイマーを使って、追跡粒子の動きと1/60秒単位の経過時間をビデオテープに記録した。

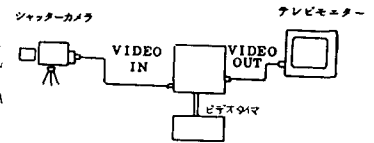


図-2 流動ビデオ記録システムの構成図

(3) 映像処理システム 図-3にビデオ映像処理システムの構成図を示す。ビデオ映像を処理するためにビデオポジションアナライザをビデオと接続し、ディスプレイで追跡粒子の動きにあわせてビデオ映像を一時停止し追跡粒子のX、Y座標値と経過時間をコンピューターにデータを入力した。この操作を繰り返して時系列データを得たのち、コンピューターにより解析し、必要変数を出力・自動作図した。所定曝気空気量でのRUNは1時間経過後、定常状態となったと思われる時刻からビデオ記録を開始し90分ビデオテープに記録した。この映像の60分を映像処理システムで時系列データとした。

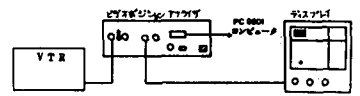


図-3 ビデオ映像処理システムの構成図

3 結果と考察 曝気強度と流動 曝気空気量は3段階（840, 420, 210 ml/min）に変えて行ったが、840 ml/minの場合の結果の一部を図-4に示す。曝気部上部から左側のろ床部に入り、これから出るまでの追跡粒子の軌跡と速度を示し、線の長さが速度の大きさを示している。曝気により生じた旋回流が追跡粒子の動きで可視化されているが、これから明らかになるように、本装置のようなろ床配置では曝気部とは反対側の左側のろ床部分への流動の頻度が高く、中央部は流動が少なく、右側部分では曝気部からの水が直接下方へ流入する可能性はほとんどなくて、左側ろ床部を通った水が再度上方へ循環している、またその頻度も少ない。次にマクロに流動を把握するため、ろ床部（長さ 495 mm 高さ 45 mm）を長さ方向4区間、高さ方向

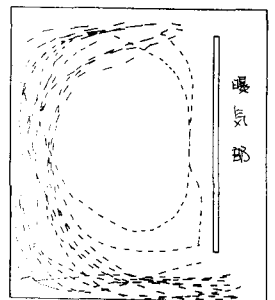


図-4 追跡粒子の軌跡と速度

向4区間、計16ブロックに分割した。各ブロックに入った追跡粒子の速度を累積し、その積度を除いた値を各ブロックでの粒子平均速度として図示したものが図-5(a)(b)(c)である。

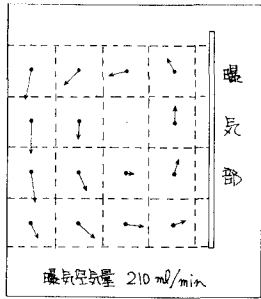


図-5(a) 追跡粒子の各ブロックでの速度分布

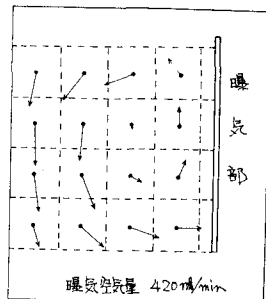


図-5(b) 追跡粒子の各ブロックでの速度分布

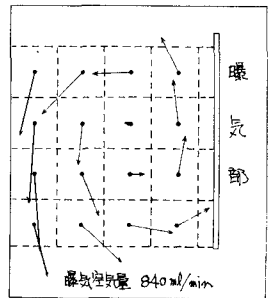


図-5(c) 追跡粒子の各ブロックでの速度分布

各RUNについて当然のことであるが、全般的には粒子平均速度は曝気空気量が増加することにより大きくなり、流動状態も変化している。しかしながら床中心部での流動の様相は曝気空気量を増大させても大きな変化がなかった。より詳細に様相を加えるため、床全体を400分割して床中心部と上下左右対称の5ブロックでの追跡粒子の方向と速度を図-6(a)(b)に示した。追跡粒子の動きは種々の方向を示し、また速度の変動も大きい複雑な流動状態を示している。

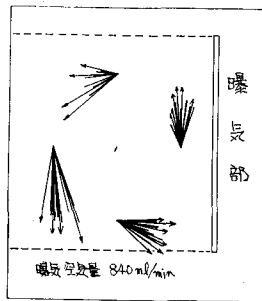


図-6(a) 追跡粒子の速度と方向

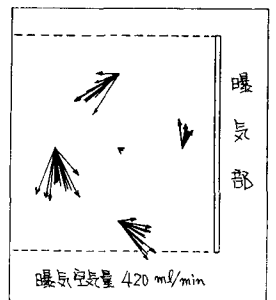


図-6(b) 追跡粒子の速度と方向

曝気空気量と滞留時間 追跡粒子が仕切板を越えて左側部分に入り、左側部分から出るまでの時間を床部滞留時間として、各RUNについて度数をヒストグラムとして図示したのが図-7である。最大度数を示す滞留時間の区間が曝気空気量の減少とともに、長い滞留時間の区間に移動し、またヒストグラムの形状も変化しているが、これは床内での混合状態の変化を示している(混合槽におけるインパルス応答)。各RUNの滞留時間より平均滞留時間を算出し曝気空気量との関係を示したものが図-8である。平均滞留時間は曝気空気量の増加により減少するが、本実験では420 ml/min前後を境として、平均滞留時間はあまり変化していない。

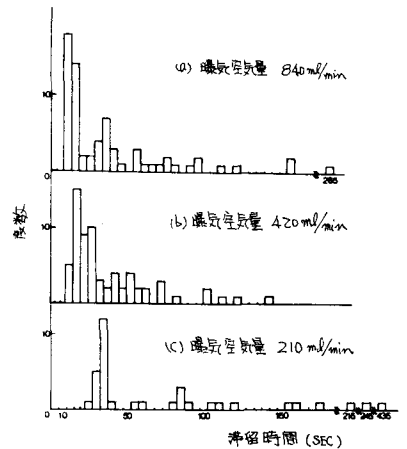


図-7 滞留時間分布

4 まとめ 片側曝気浸漬床における流動と混合を可視化し、解析するための方法として、高速ビデオとコンピューターによる粒子運動解析のシステムを適用することを試みた。その結果 ①粒子軌跡に基づいて床内の流れの状況が比較的簡潔にわたって観察できる。②床内部での流れは一様でなく、流動部や停滞部があり、曝気強度を変化させるだけでは特に床中心部での停滞部の流れの状況を改善することは困難である。但し、床部全体としての処理効率との関係は今後の問題である。③局所的にみて、流れの方向と速度は一様でなく乱流となっているが、この状態が観察できた。④混合槽のインパルス応答として粒子の床内滞留時間分布を得たが、これは曝気強度による床全体の混合度の変化を示す。しかし、平均滞留時間はある程度以上ではあまり変化しなかった。なおデータのより詳しい解析・流動混合の改善方法などについては現在検討中である。

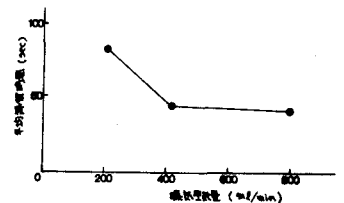


図-8 平均滞留時間と曝気強度の関係