

浄水場向フロック監視制御装置

鈴木敏春*, 村上弘明*

*三菱電機制御製作所公共部

神戸市兵庫区和田崎町1丁目1番2号

概要

上水場分野の凝集沈でんプロセスにおいて、発生するフロックの状態は、人間が目で見てもその良否を確認している。このフロックをITV装置で監視し、得られたフロック画を画像処理及び統計処理をして、フロックの状態(形状、個数等)を数値化する。このデータにより制御を行なうことをフロック監視制御という。

本論文では、今回某浄水場へ納入した当システムについて、まずシステム構成を述べ、さらに構成機器の特徴を述べ、最後に某浄水場殿において運用し、データ収集を実施している、その解析結果について報告する。

キーワード

フロック監視制御, 水中カメラ, フロック形状, 沈でん水濁度

1. フロック監視制御装置の構成

概略システム構成をFig. 1に示す。

本システムは、①沈でん池のフロック画像を入力する水中ITVカメラ、②照明用の電源の収納及び水中特殊ケーブルを一般ケーブルに変換する為の中継箱、③現場操作盤、④中央操作卓、⑤ITVカメラからの画像信号を2値化し、フロックの形状分布等の統計計算を行なう画像処理コントローラ、⑥水質及び画像処理コントローラでの統計計算結果を基に、フロックの状態を判断し薬注率の補正等の高度制御を行う高度運用管理コントローラからなる。

2. フロック監視制御装置の特徴

2.1 水中カメラ及び中継箱

Fig. 2に水中カメラの概略を示す。

フロックの画像を撮影する水中カメラとしては、高速シャッター工業用ITV(シャッター速度1/1000秒)を採用し高速で移動するフロックに対しても鮮明な画像が得られるようにした。光源は、電球切れ時のメンテナンス性をなどを考慮し、中継箱内に光源ボックスを内蔵し、光ファイバーにより水中のカメラ付近を照らすようにした。なお、投光装置の先端にスリットを設けこのスリットにより水中の光の当たる領域を制限し、測定対象エリア体積を決定した。水ジェット噴射用ノズルとワイパーを設けカメラの前面ガラス及びバックプレートに付着した汚れを定期的に除去するようにした。

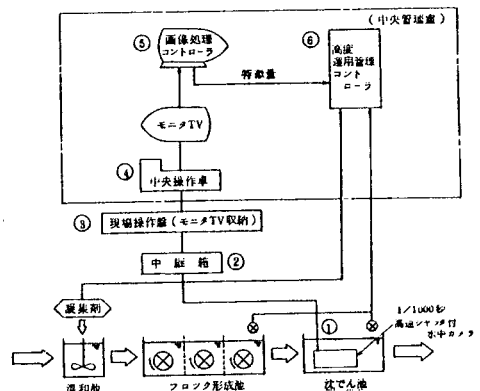


Fig. 1 フロック監視制御装置の概略システム構成

2.2 現場操作盤

中央及び現場盤での水中カメラ装置の制御を行なう。モニタテレビを設置することにより現場でフロックの状態が確認でき、モニタを見ながら水中カメラ装置の調整ができる。

2.3 画像処理コントローラ

画像処理コントローラの画像処理の概略フローをFig. 3に示す。

- ① 静止画入力：フロック静止画はA/D変換器によりデジタル信号として入力される。
- ② 照明むら補正：照明むらがある場合、補正を行なう。
- ③ フィルター処理：各種フィルタ処理を行ない輪郭をはっきりさせることができる。
- ④ 2値化処理：あるしきい値でフロックと認識する画素を白(1)、背景等を黒(0)の2値に分ける。
- ⑤ 周辺粒子除去：画面の周辺にかかっているフロック(全体が入力しきれてないフロック)を除去する。
- ⑥ 膨張・収縮：2値化した後の凸凹したフロック画の輪郭をなめらかにする。
- ⑦ 特徴抽出：フロックとして認識したものに対して1つずつ面積、粒径等の特徴量を計算する。
- ⑧ 選択粒子除去：極端に大きいあるいは小さくフロックとしては認められない粒子を選択して除去する。
- ⑨ 以上の結果について統計計算を行ない、分布グラフ及び積算グラフを表示する。

但し上記の②、③、⑤、⑥、⑧の処理は不要であれば行なわないように設定できるようになっている。

2.4 高度運用管理コントローラ

当浄水場では水質制御(薬品注入制御)、水量制御(配水量を予測し、送水ポンプ計画、ろ過流量計画などを行う)を高度運用管理コントローラを用いて行っている。

凝集・沈殿に関する制御としては凝集剤(PACと硫酸バンド)の注入率とフロキュレータの回転数がある。第3項以下で述べるように現在、その制御に用いるフロックの特徴量を解析中であるが、下記に示す制御アルゴリズムを現在コントローラに搭載している。

(1) 凝集剤注入率

制御ブロック図をFig. 4に示す。PAC硫酸バンドともに原水濁度、活性炭混和水濁度の関数をFF値とし、沈殿水濁度の関数をFB項とし、その補正項としてフロック特徴量による補正関数を設けている。

(2) フロキュレータ回転数

制御ブロック図をFig. 5に示す。フロキュレータは、フロック形成池の流下方向に前段、中段、後段の3列があり、それぞれ回転数を個別に制御できるようになっている。制御は、オペレータによる設定値の補正項としてフロック特徴量による補正関数を設けてある。

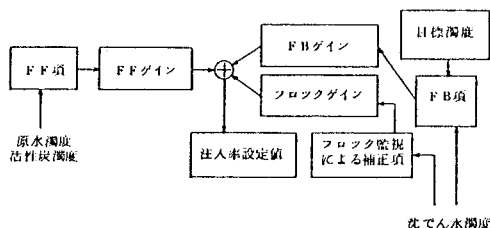


Fig. 4 凝集剤注入率の制御ブロック

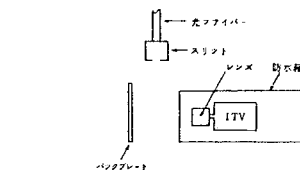


Fig. 2 水中カメラの概要

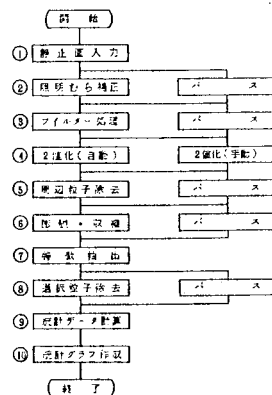


Fig. 3 画像処理のフロー

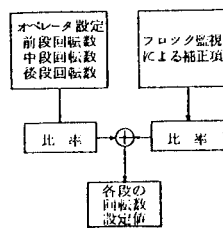


Fig. 5 フロキュレータ回転数の制御ブロック

3. フロック監視制御実施例

本システムによる凝集剤注入率(PAC及び硫酸バンド)制御及びフロキュレータ回転数制御の実現のため、某浄水場殿に本システムを納入し、プラント実運用時のフロックの画像計測データと、プラントデータの相関を得るべくデータ収集及びデータ解析を実施中である。

今回浄水場殿のご協力を得、ある程度極端な条件時のフロック物性の実験を行ない、若干の知見が得られたので報告する。

3.1 プラント概要及び解析方法

実験浄水場の浄水方式は凝集・沈でん・急速ろ過方式で、最終施設規模158900m³/日、現在 60000m³/日 で運用されている浄水場である。

稼動沈でん池は3池で、予測された需要量に応じて、3池合計で1500m³/h～2500m³/hにて取水運用し、60000m³/日を実現している。従って、時間によって流入流量は変化する。

凝集剤注入率は0～約200mg/ℓまで設定可能で、冬期の低水温時(約10℃以下)にはPACを使用し、他の時期は硫酸バンドを使用する。現在では、原水濁度モデル式でベース注入率を求め、沈でん水濁度の設定値のPIDにより注入率を増減させて制御している。実験時の凝集剤は硫酸バンドで通常10～20mg/ℓの原水濁度に対し、40～50mg/ℓの注入率で運用されている。

攪はん機構は「フラッシュミキサー2段」+「フロキュレータ3段」でフラッシュミキサーは固定速、フロキュレータは可変速である。フロキュレータは3段で構成されていて、同性能モータを個別ギヤ比(1/319, 1/473, 1/841)で運転し、3段階のフロキュレータ速度を得る。現状では全段とも650r.p.mでモータをまわして運用している。

フロック撮影用の水中カメラは、沈でん池前段に設置しており、成長しおわたったフロックが沈でんしていく過程を画像処理している。

フロック画像は、画像処理コントローラに約10秒ごとに5枚ストックされ、画像処理及び統計処理される。その時のフロック数、粒径、形状(非円形度)、穴面積率、体積等が計算され、制御用データとして運用管理コントローラへ伝送される。運用管理コントローラには、前述のフロック監視制御アルゴリズムの他、高度運用管理制御用アルゴリズム、プロセスデータ解析ツール等が用意され、高度運用管理を実現する。

データ解析はこの運用管理コントローラで行なった。なお、フロックデータ計測間隔は15分に設定した。

3.2 凝集剤注入率実験とフロキュレータ回転数実験

実験は、7月上旬より、梅雨明け前の比較的晴天の続いた約3週間の間に実施した。

実施した項目は2項目で原水濁度が15mg/ℓ前後で安定時に実施した。

① 凝集剤注入率実験

フロキュレータ回転数を全段650r.p.m一定の条件下で凝集剤注入率を100mg/ℓ, 50mg/ℓ, 30mg/ℓに設定し、それぞれ流量をカメラ設置池のみ1000m³/h, 700m³/h, 400m³/hと変化させてフロックデータを収集した。

② フロキュレータ回転数実験

凝集剤注入率50mg/ℓ一定の条件下でフロキュレータモータの回転数前段：中段：後段比1：1：1として、後段で900r.p.m, 650r.p.m, 400r.p.m, 及び2：1.5：1として後段にて650r.p.m, 450r.p.m, 300r.p.mに設定しそれぞれ沈でん池流入流量をカメラ設置池のみ1000m³/h, 700m³/h, 400m³/hと変化させてフロックのデータを収集した。

3.3 実験結果及び考察

凝集剤注入率実験およびフロキュレータ回転数実験につき、まず凝集剤注入率、フロキュレータ回転数、流入流量と沈でん水濁度との相関を求め、凝集剤注入率と沈でん水濁度及びフロキュレータ回転数と沈でん水濁度の関係に、流入流量が大きく影響することを確認し、その後にフロックデータと沈でん水濁度との関係を求めた。

その時のデータをFig. 7～14に示す。なお、データ解析に際し、沈でん水濁度と他データとの時間遅れをトレンドデータから90分と想定し、データ解析を行なった。

なお、Fig. 6に上記実験時に得られたフロックの2値画像を示す。

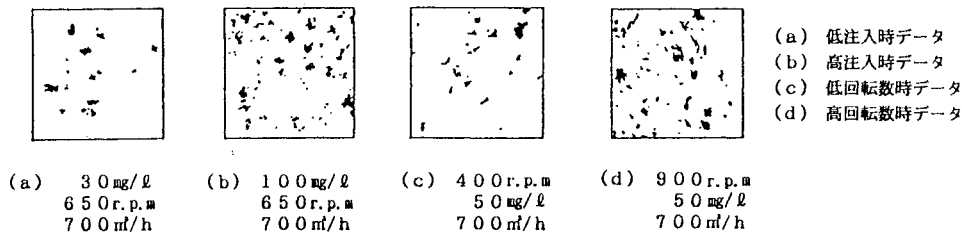


Fig. 6 フロック2値画像データ

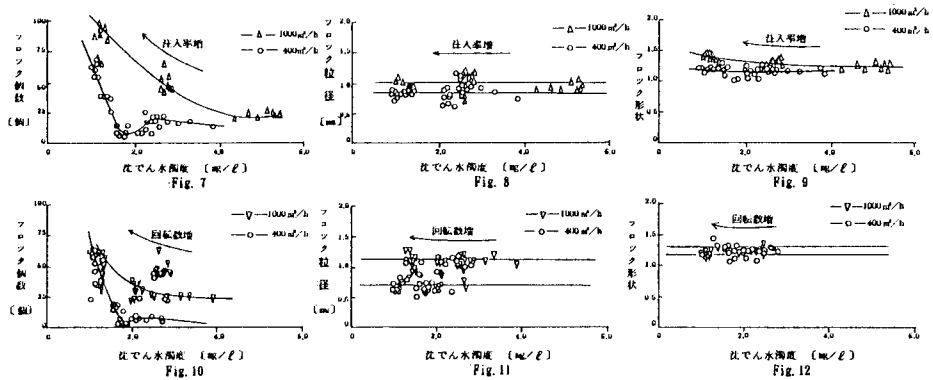


Fig. 7～9 凝集剤注入率を変化させた時の沈でん水濁度とフロクデータの関係
 Fig. 10～12 フロキュレータ回転数を変化させた時の沈でん水濁度とフロクデータの関係

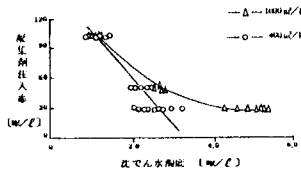


Fig. 13 凝集剤注入率と沈でん水濁度

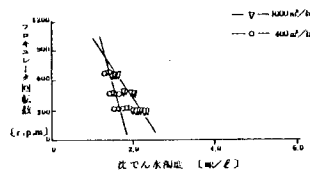


Fig. 14 フロキュレータ回転数と沈でん水濁度

Fig. 7～12は、画像計測によるフロク個数、フロク平均粒径、及びフロク非円形度と、フロク凝集沈でんの結果である沈でん水濁度との関係を沈でん池の流量別にプロットしたものである。

この関係から、水中カメラを沈でん池前段に水深0.5mで設置した場合、

- ① フロク個数の増加とともに沈でん水濁度が減少する。凝集剤による沈でん水濁度減少時はフロク形状(非円形度)がわずかに増加する傾向があるが、フロキュレータ回転による場合はフロク形状にほとんど変化はない。
 - ② 流量一定時、フロク粒径は沈でん水濁度によらずほぼ一定。
 - ③ 生成したフロクの形成状態は流量より変化する。
- 以上のことが、今回の実験よりわかった。

Fig. 13, 14に今回実験を実施した時のプラントデータ間の相関を求めたデータを示す。この関係より、今回の注入率の実験範囲(30～100mg/l)では注入率が高い程沈でん水濁度がよかったこと、また、フロキュレータ回転数が高い方が沈でん水濁度がよいことがわかった。また、沈でん水濁度は流量が小さい程よくなることより、フロクの凝集沈でんには滞留時間の影響が大きいことが再認識された。

3.4 まとめ

- ① 今回用意したフロクデータのうち、沈でん水濁度と相関がありそうなデータはフロク粒径、フロク非円形度、フロク個数の3種類であることがわかった。
- ② フロキュレータの回転数を増加するか凝集剤注入率を増加すると沈でん水濁度は減少するが、それとともにフロクの個数が増加する。注入率増加時は沈でん水濁度減少とともにフロク非円形度が上昇する傾向がある。
- ③ 流量によりフロクデータと沈でん水濁度のデータの関係は変化する。フロク非円形度、フロク粒径は流量増加とともに大きくなる傾向がある。

3.5 今後の課題

今回の実験では、原水濁度が10～20 [mg/l] に安定している時のフロク凝集の変化を観察したが、このフロクデータを制御にもちいるためには、高濁度時、(濁度急変時)のデータの検討等も必要であり、流量によるフロクデータの変化あるいは原水水質の変化によるフロクデータの動向調査等まだまだ調査する必要のある項目は多い。

今後はこれらの課題について解析を続けていき、フロクデータによる凝集沈でん最適化制御にとり組んでいく所存である。