

高速凝集沈澱池の自動制御システム

開発啓全*、木村直人**

* (株) 荏原製作所 エンジニアリング事業本部
環境装置事業部 制御システム部
東京都港区港南1-6-27

**同 上水道事業部 技術部

概要

浄水処理に多く採用されている高速凝集沈澱池は、省スペース、省力型沈澱池である利点を持つ反面、原水水質や水量の変動の影響を受けやすく、その運転には慎重さが求められてきた。

この度新規に開発したスラリー濃度計および自動界面計による内部状態計測値をもとに、小型計算機による固形物演算を組合せた排泥制御システムを開発し、大規模浄水場にて運用した結果、良好な制御結果が得られた。システムの概要と運用結果を報告する。

キーワード

高速凝集沈澱池、スラリー濃度計、自動界面計、排泥制御、実運用結果

1. はじめに

沈澱処理は固液分離の単位操作として水処理に不可欠なプロセスである。高速凝集沈澱池は昭和30年後半より40年代にかけて海外からの導入技術として全国に数多く建設され、全沈澱池の20%以上を占めている。横流式の沈澱池に較べて設置面積が小さいという長所がある反面、原水の水質状況に応じた運転操作が横流式沈澱池に較べて複雑であるという維持管理上の問題があり、運転操作の自動化が望まれていた。この自動制御システムは高速沈澱池の運転状況をスラリー濃度計及び自動界面計という自動計測機器で把握し計算機による固形物演算と組み合わせることにより排泥制御を自動化したものである。ここに本制御システムの概要を報告する。

2. 高速凝集沈澱池の運転管理

高速凝集沈澱池の運転管理において最も重要な要素は二次攪拌室スラリー濃度の管理であると言われている。これはこのタイプの沈澱池の凝集が既存フロック（母フロック）と微小フロックの接触による吸合作用を主としているからである。図-1に沈澱池の構造を示す。スラリー濃度は一般的には5分間静置後の体積濃度で表され10%~20%で管理されるが、この値が小さすぎると接触そのものが不十分でフロックが成長せず沈降性のよいフロックは形成されない。また、高すぎると衝突によるエネルギーが大きくなりフロックが逆に壊れてしまうことになる。スラリー濃度は原水水質や処理水量により変化するためこれらの状況により排泥量を適正に制御することが必要となる。

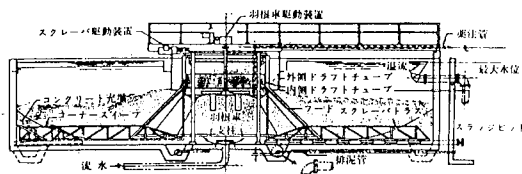


図-1 高速凝集沈澱池（スラリー循環型）

高速凝集沈澱池の基本操作は排泥操作（排泥弁の排泥周期及び排泥時間の設定）とインペラ回転数の操作（回

回転数の変更設定)である。排泥操作は主にスラリ濃度の制御を目的とし、インペラ回転数の操作は主にフロックの接触(凝集)状態の制御を目的としている。この二つの操作は互いに影響するため二元的な制御が必要となるが、実際の運転ではインペラ回転数の操作は必要最小限で行われている。これはスラリ濃度の適正維持が高速凝集沈澱池の処理を大きく左右する要素であるということ、また、インペラ回転数を頻繁に変更することは逆にスラリ濃度の維持管理を難しくする側面があるためと考えられる。通常インペラ回転数はスラリ界面が乱れない範囲で高速に回転させる運転がなされている。この意味において高速凝集沈澱池ではスラリ濃度の管理とスラリ界面の形成状況の把握が重要となる。

3. 自動計測機器

スラリ濃度及びスラリ界面の形成状況の把握はこれまで人為的な測定と目視で行われていた。しかし、刻々と変化する原水水質や処理水量に応じて複数の沈澱池を管理することには限界がある。そのことが高速凝集沈澱池の運転管理を難しくしている要素となっており当社では自動測定に対応した機器の開発を進めてきた。

3-1. スラリ濃度計

スラリ濃度計は文字どおりこれまで人為的に行っていたスラリ濃度の測定を自動化したものである。(図-2にスラリ濃度計の外観図を示す)装置は内部に沈降管を有し真空ポンプでサンプリングしたスラリを手分析と同様な方法によりその体積濃度を測定する。沈降管内のスラリ界面をいかに検知するかが開発のポイントとなっているが、複数光源点灯による透過光方式と界面検出ソフトにより再現性の高い測定を行うことが可能となっている。この装置は最小間隔で20分毎の測定が可能であり、これまでの人為的に行っていた測定と比較すればほぼ連続に近いデータの収集が行える。

3-2. 自動界面計

この自動界面計は濁度センサを沈澱池の深さ方向に上昇・下降させることにより上澄水から沈澱池底部の池内濁度を連続計測する。(図-3に自動界面計の外観図を示す)このデータは上位計算機により池内濁度分布として表示し、これまで目視により把握していたスラリ界面の形成状況をグラフとしてより明確に提供する。

- ①スラリ界面位置 → 池内スラリ量の把握
- ②沈澱池底部堆積スラリの高さ → 過剰・過少排泥の防止
- ③スラリ界面形成状況 → フロック形成状態把握

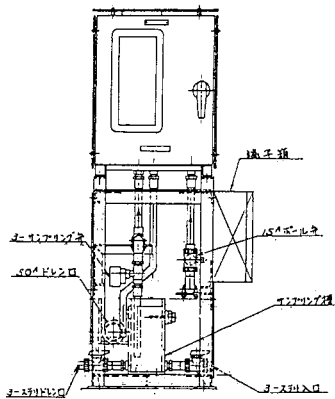


図-2 スラリ濃度計

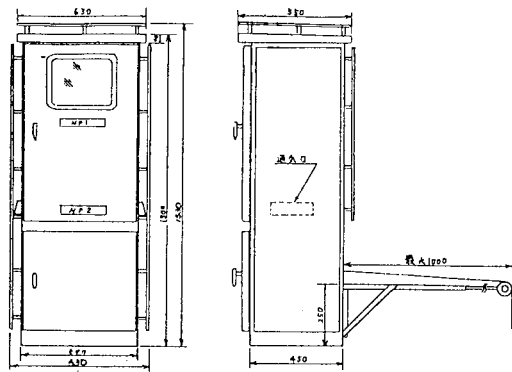


図-3 自動界面計

4. 監視・制御システム

4-1. システム構成

システム構成を図-4に示す。演算装置は工業用パソコン(FC)を使用し高速凝集沈澱池制御の専用ソフトウェアを開発した。本専用ソフトウェアを用いて池内スラリ濃度分布、スラリ界面位置、スラリ濃度、インペラ回転数、原水濁度等の運転状態をCRT画面に表示すると同時に、沈澱池の排泥周期及びインペラ回転数の自動制御を行っている。また、過去データの蓄積、日報の印字等が可能でありデータ収集の面で有効である。

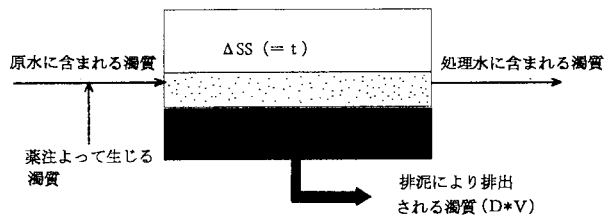
本設備は工業用パソコンを使用することにより安価で操作しやすい計装制御設備となっている。また、演算装置及び伝送ラインは二重化システムを採用しており非常時を考慮した設備となっている。

4-2. 池内スラリー状況

池内スラリー状況は自動界面計から送られた池内濁度データを深さ方向にプロットしたものである。池内の状況は沈澱池の処理状況を把握する上で重要なデータであり、演算装置CRT画面上で過去データの比較や選択した深さにおける濁度をマウスの操作で容易に判断できるようになっている。図-5に池内スラリー状況の表示例を示す。

4-3. 排泥制御

排泥操作の基本的な考え方は排泥によりスラリー濃度を適正に保つことにある。従ってスラリー濃度計の計測データを基に排泥周期及び排泥時間を一意的に制御する考え方が成り立つ。しかしながらスラリー濃度計のデータは沈澱池の処理水量や原水の水質等の流動的な条件により変化するためスラリー濃度計の値だけを制御に用いることは外的因子に対して追従できないことが予想される。本制御システムではその点を考慮し固形物演算により池内濁質保有量を一定に保つべく排泥の基本周期を演算し、スラリー濃度の計測値によりこの基本周期を補正する方式を採用している。図-6に制御ブロック図を示す。



4-4. インペラ回転数制御

インペラ回転数は先に述べたように実用上の運転方法により制御している。すなわち、スラリー界面が乱れない範囲で強めに回転させる方法である。スラリー界面が乱れやすいか否かは形成されたフロックの比重、水に対して重いか軽いということが大きな要素となる。この比重は原水濁度に対するアルミ(凝集剤)の比すなわちAL

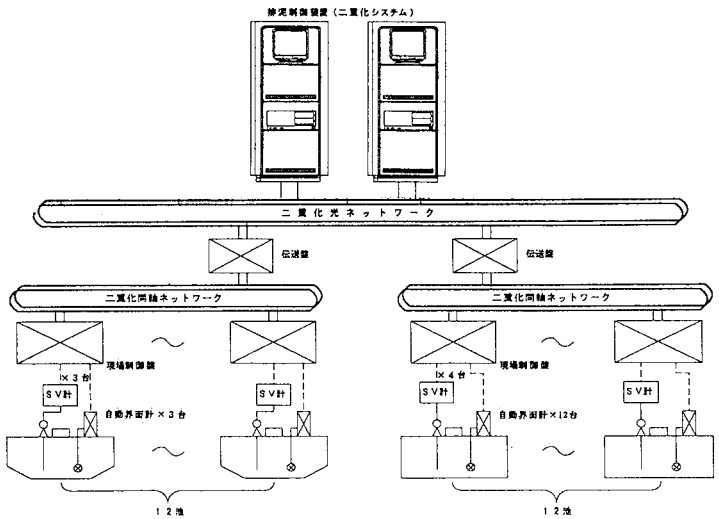


図-4 システム構成図

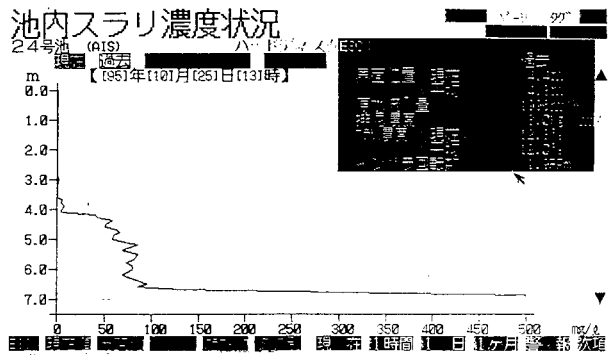


図-5 池内スラリー状況

基本排泥周期(T)

- 排泥濃度 $D(\text{kg}/\text{m}^3)$
 - 排泥量 $V(\text{m}^3)$
 - 池内発生固形物量 $t(\text{kg}/\text{h})$
- $$T = D \times V \times 1 / t (\text{h})$$

補正排泥周期(T₁)

- スラリー濃度目標値 $C_0(\%)$
 - スラリー濃度計測値 $C_1(\%)$
 - 補正係数 $\alpha (-)$
- $$T_1 = D \times \{1 + (1 - C_0 / C_1)\} \times \alpha \times V \times 1 / t$$

T比によって左右され、AL T比がインペラ回転数を決める目安となる。既存の浄水場ではこれまでの運転実績により濁度に対する回転数のデータを保有しており、この関係式をAL T比と回転数のグラフで置き換え回転数を制御する方式を採用している。また、原水水温・界面位置による上下限の制限や粉末活性炭の注入の有無による補正を付加することによって沈澱池処理状況にあわせた回転数の設定が可能となっている。図-7に制御ブロック図を示す。

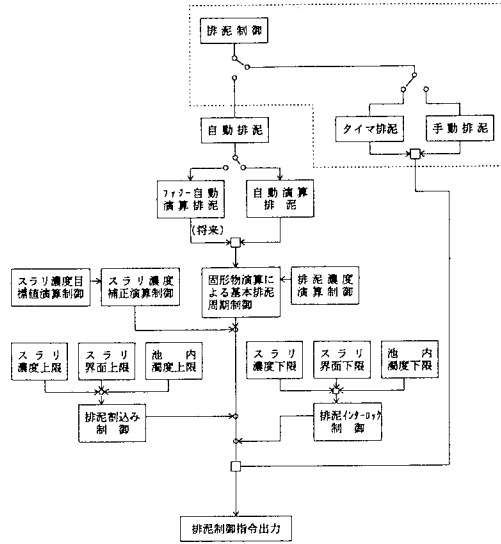


図-6 排泥制御ブロック図

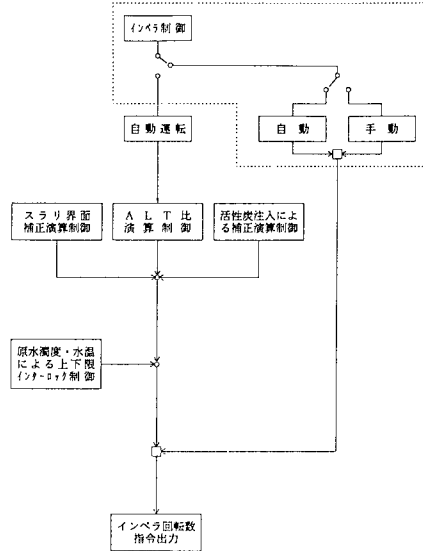


図-7 インペラ回転数制御ブロック図

5. 実運用結果

高速凝集沈澱池の制御の良否は最終的には沈澱処理水濁度の推移、スラリ濃度の目標値に対する実際のスラリ濃度計測値推移で判断される。図-8のトレンドデータはスラリ濃度目標値を10%で実際に高速凝集沈澱池の自動制御を行ったときのものである。運転開始時に4%前後であったスラリ濃度は24時間後（沈澱池対流時間約1時間）にはほぼ目標値に制御されそれ以降10%前後を維持していることが読みとれる。また、沈澱処理水濁度も低濁度で維持され制御としては良好な結果が得られた。

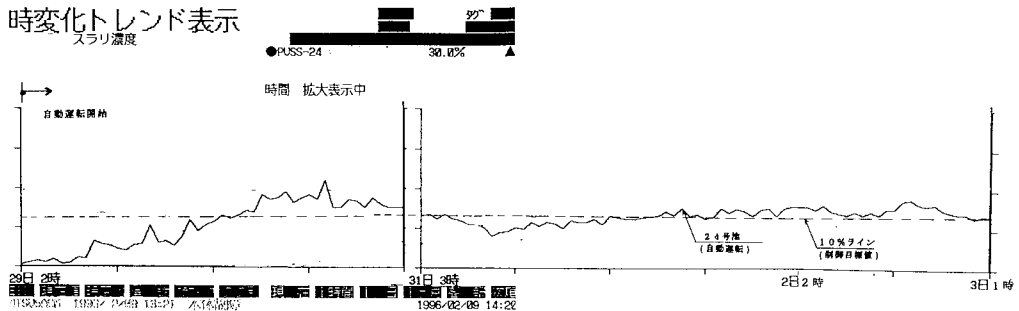


図-8 スラリ濃度の推移 (制御データ)

6. おわりに

本稿ではスラリ濃度計・自動界面計と固形物演算を組み合わせた高速凝集沈澱池の制御について報告した。制御としては簡単な手法を用いたが、沈澱池の処理状況を左右する複雑な変動要因に対応するため今後ファジー制御を組み込むことを検討している。