

朝霞浄水場における薬注設備の 運転監視システムについて

鈴木國宏

東京都水道局 東村山浄水管理事務所技術課
東京都東村山市美住町 2-20-236

概要

朝霞浄水場においては、平成5年度に薬品注入制御設備の更新工事を行い、設備運転の安全性・安定性の向上だけでなく、運営上での合理性と経済性を追求した新たな運転制御システムを構築した。

このシステムは、塩素や凝集剤の注入率算定において、オペレータの長年にわたる経験と熟達した感性を活用した Fuzzy推論を用いるなど、新しい技術の導入を図ったものである。

キーワード

Fuzzy制御 薬品注入制御

1. はじめに

浄水場では、一般的に河川等から取水した原水を沈澱処理及び砂ろ過処理して、清純な水道水を得ている。その過程においては、凝集剤（ポリ塩化アルミニウム）や、塩素（滅菌・除藻、マンガンを除去用等）など、多種の薬品注入処理を行っている。

注入制御は清純な浄水を得るだけでなく、過剰注入による薬品浪費の排除に努める等、経済性の追求も求められているため、注入率の設定には、オペレータの技術的な経験と蓄積を必要とする。

このたびの朝霞浄水場における薬品注入制御設備の更新では、注入率の設定にファジー推論を活用した制御システムを構築し、制御の安定性と経済性を目指して実運用している。

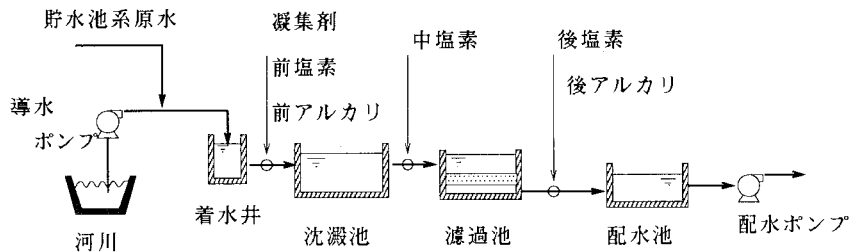


図1 朝霞浄水場における薬品注入

2. ファジー推論と薬品注入率の決定

薬品注入率の決定は、薬品処理作業のうちで重要なプロセスの一つである。設定した注入率の可否が、処理水の水質に大きな影響を及ぼし、過剰若しくは過少注入の場合には、良質な浄水が得られないだけでなく、経済性に欠けた処理となる。

従来の薬品注入作業は、テーブル・テスト（ジャーテスト）によるか、過去の運用データや熟練したオペレータのスキルをもとにして、注入率の決定や修正をしていた。つまり薬品注入制御は、計器類により薬品の計量と調節は行いが、注入率の決定と工業計器類への設定や修正は、オペレータの判断に依存するものが主流であった。

このような、人為的な判断だけで注入率を決定する従来の方式では、オペレータそれぞれの経験や実績による判断の差から、設定する値にバラツキが生じ、一貫性のある薬品注入が難しいだけでなく、誤判断によるミスが生じる可能性もある。これに対しファジー推論を用いた制御は、与えられた処理対象の様々な状況や条件から、適切な対応手段を推測する制御に適したものと考えられている。

河川水を原水とする浄水場の薬品処理は、試験室におけるテーブル・テストとは異なり、数多くの化学的要素に加えて、施設の構造や流水経路等の物理的な要素が複雑に影響する。このため、ファジー推論による制御系を構築する時だけでなく、パラメータの調整段階においても、オペレータの熟達した感性と経験を吸収して、柔軟性のある制御を電算機ソフト上に再現させる必要があるが、これ等の要素のすべてを解明し、ルール化するには難しいものがある。

このため、朝霞浄水場のファジー制御系においては、フィードホワード（FF）系において算出した注入率に、処理後の水質データによるフィードバック（FB）系を組み合わせる修正を加え、制御の安定性を追求している。

3. 朝霞浄水場のファジー制御

ファジー推論を活用した制御システムを構築するに当たっては、どのような場面で、どのような範囲でファジー推論を用いるかの設定が必要である。

薬品注入制御においては、未処理水の水質データから処理に適した注入率を決定するメジャーなプロセスと、処理水量に対して、設定された注入率となるよう薬品量を計量・調節するマイナーなプロセスとに分けることができる。

朝霞浄水場においては、前者のプロセスにファジー推論を適用しており、後者については、従来から各方面で使用されているDDCによるPID制御のソフト・パッケージを利用している。

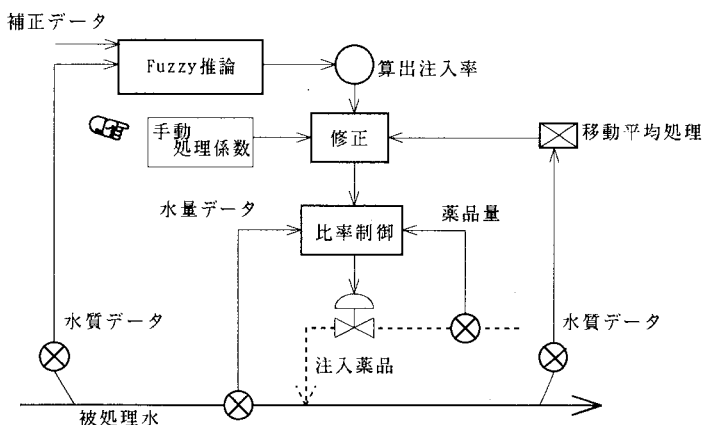


図2 朝霞浄水場の薬品注入制御イメージ

3・1 凝集剤（PAC）注入率の算定

凝集剤注入の基本は、原水濁度に応じて注入率を決定し、フロックの出来具合や沈殿水の濁度により、注入率の良否を確認するものであるが、自動制御系においては定量的に直接評価するための計測値がないため、FF系による制御に主体を置いている。

朝霞浄水場におけるPACの注入率は過去の実績を分析すると、
 およそ、注入率 = 9.25 × (濁度)^{0.23}

の式で近似させることができる。これを基にして着水井濁度（取水の濁度）を加工して注入率の基本値を算出する。

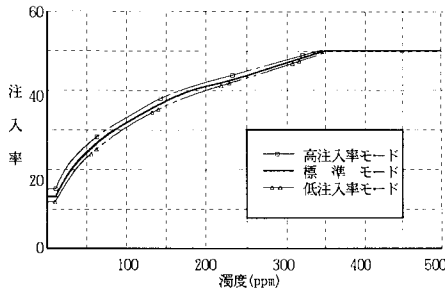


図3 注入率のモード

この注入率基本値を、①濁度の変化率、②アルカリ度、③水温及び、④沈澱池中間点の濁度等による補正を行うことでファジー・ルールを構築している。

PAC注入率基本値の算出には、①標準モード、②高注入率モード、③低注入率モードの3つのモードを設けて、沈澱池中間地点の濁度により自動選択を行っている。また、算出した注入率基本値に対し、上述の補正要素を個別の論理によって処理した値を加えて実注入率として、注入量制御のマイナーループに伝送している。

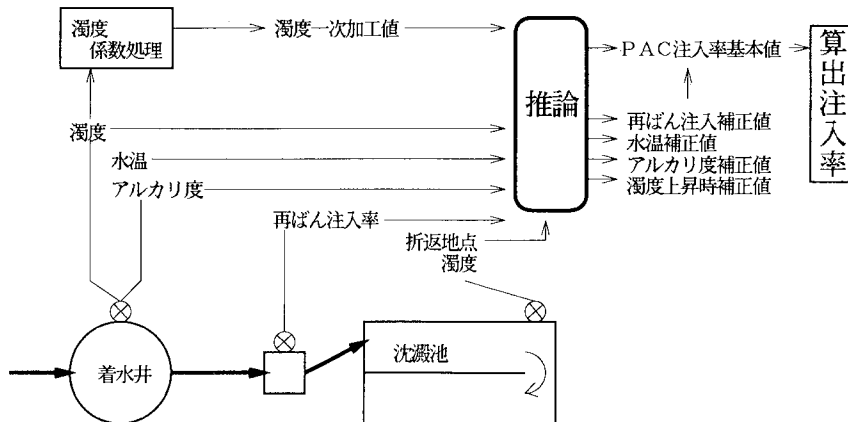


図4 凝集剤（PAC）注入率算出のイメージ

3・2 制御機能の検証等

この制御設備の更新は、浄水場施設を停止させることなく実施したものである。そのため、旧設備による制御から新設備への切替えは、制御用パラメータの調整を行いながら機能の検証と確認を実施した。また、制御系の切替えに併せて、オペレータに運転感覚を習熟させる手段も必要であった。

この制御システムにおける監視操作は、CRT監視操作装置を活用しており、その制御画面上に、ファジー制御のシュミレーションによる注入率と手動設定値を、図柄で並列表示する等の工夫をして、オペレータが制御の実態を掌握し易くし、両データの注入率トレンド表示により、ファジー制

御による出力値と、オペレータが設定する値との比較を行いながら、パラメータの調整と制御機能の検証をした。

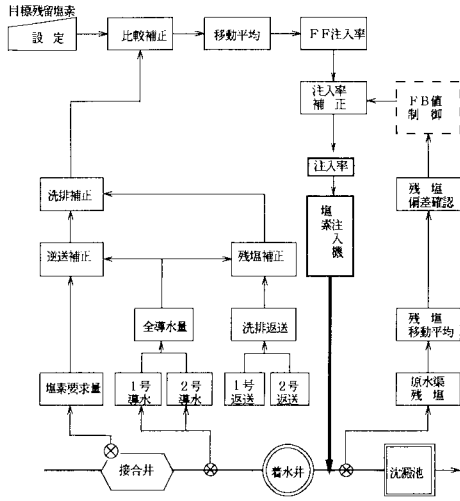


図5 一次関数処理による前塩素制御のイメージ

へ円滑に転換するための一ステップとしてのオペレータの習熟と、パラメータの調整を兼ねるものとして、有効に機能させる事ができた。

4. おわりに

メーカーから提供されるファジー制御のソフト・パッケージや、これを支援するソフト類は、それなりの完成度を持ってはいるが、これらは、各種の場面において、共通する基本的な機能を備えたものである。

ファジー制御システムの導入に当たっては、どのようなシステムにカスタマイズできるかが成否の鍵になる。そのため、ソフトメーカーに対して、現場における固有の条件や要素を解析して、現実的な制御に適合させるべく、ユーザーの立場からの支援が必要である。

また、電算機を中枢として構成する制御システムにおいては、作業工程の全てをシステムの機能に依存した完全自動化も選択肢の一つではあるが、水質的に多様な変動をする河川水の処理においては、制御精度や信頼性だけでなく、水処理技術の継承やオペレータの育成、さらには、システムの設置や運用に要する経費等、経済性の面からも考慮すると、必ずしも得策とは云えない。

このため、朝霞浄水場の薬品注入制御システムにおいては、平常時における薬品注入率の算出と制御は、電算機の機能により処理をするが、台風時の河川水濁度の上昇等、急激な水質変動が予測される時や水処理施設の充排水等、水処理上での特別な施設運用を行う場合には、電算機の処理に人為的に参入して、算出した注入率に係数を乗じて処理をするか、手動の注入率設定によって制御するものとし、ややもするとシステムの機能に依存するため、疎遠となりがちな部分にオペレータの判断を介在させるものとしている。

凝集剤制御系の調整においては、パラメータが水質測定データを主体として構成されており、過去のデータを検証することで、適切となるパラメータの予測が可能であった。このため、比較的早期に実運用ができた。

また、前塩素注入率の算出には、天候等の要素も含まれるため、四季を通して多種のパラメータ調整が必要で、短期間での実用化は困難である。このため比較的調整が容易な一次関数処理の制御方式も併せて採用し、これの実用化を先行させた。

この制御は、水質測定データを単純に係数処理するもので、人為的に係数を変更することが容易なため、軽便な制御に適した方式である。

また、一次関数処理系の制御方式は、従来のオペレータによる注入率設定と類似した思考の方式であり、ファジー制御