

# シミュレータを組み込んだ上水水質制御・支援システムの実用化

## Utilization of the water quality control and support system incorporating the simulator

○毛受 卓<sup>1)</sup> , 猪俣 吉範<sup>2)</sup> , 栗原 潮子<sup>1)</sup>

<sup>1,3)</sup>(株)東芝 電力・社会システム社 電力・社会システム技術開発センター

<sup>2)</sup>(株)東芝 電力・社会システム社 関西社会システム技術部

○Takashi Menju<sup>1)</sup>, Yoshinori Inomata<sup>2)</sup>, Shioko Kurihara<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Toshiba Corporation Power and Industrial Systems Research and Development Center

<sup>2)</sup>Toshiba Corporation Kansai Branch Office

### Abstract

Requirements for drinking water quality have recently been expanding and water quality control in filtration plants has become more stringent in order to ensure the supply of safe and good-quality water. Though chemical dose control systems have introduced for appropriate water quality management, its parameters sometimes have to change depending on seasons or operational procedures or quality parameters of raw water. To readjust control parameters deep understanding about process characteristics of a plant is required. One of the analytical methods to get its knowledge is step response. But it takes a lot of time because one reason is that target system is usually dead time system so its response is generally very slow and the other one is that off-line post processing after step response test is time-consuming procedure. In this paper, simulation support system is proposed to solve the problem based on observed plant data.

Key Words: Drinking water, chemical dose control, control parameters, support system, simulator

## 1 はじめに

浄水場における処理水質の向上や効率化を図るため、これまでさまざまな技術が研究開発されて導入されてきた。新たな処理プロセスや制御システムに加え、水質試験室における分析やオンラインセンサといった水質測定技術も開発が進み、測定精度の向上や今まで測定が不可能であった物質の分析も可能となってきた。水質基準の見直しなどが行われ、新たな規制物質が加えられる背景には、こうした技術の進歩によるところが少なくない。分析技術の進歩と化学物質の有害性の確認が進むに従い、浄水水質に要求される内容も高度になり、処理プロセスや制御システムにも高度な技術が必要となってくる。

上水処理プロセスにおける水質制御に関しては、水質データなどの情報収集、管理とその利用方法に関する技術や、高度な制御技術を組み込んだ運転管理の自動化など、様々な開発や実用化が進められてきている。

本報告では、これまでの水質制御技術を取り巻く状況から現在の水質制御における課題、更にこの課題に取り組んだ次世代へ向けた水質支援・制御技術の高度化開発の適用事例について述べる。

## 2 水質制御を取り巻く状況と課題

処理の対象となる水質項目は、濁度、無機物をはじめとして、色度や異臭味といった快適性を求めたものや、人体に対する有害性が指摘されている消毒副生成物にまで広がってきている。浄水場の水質制御、主として薬品注入制御は、各水質項目の処理プロセスの管理のために開発された様々な計器と共に開発が進められ、より適切な運転が行えるように運転操作の確実性、容易化を行い、維持管理の効率化を図ってきた。また、実装されるコントローラや計算機の進歩と機能の向上も図られてきており、機能の多様化や演算の高速化、省スペース化が図られてきている。一例を挙げると、以前はプロセス用計

算機でなければ演算ができなかった塩素注入制御の日射補正が総合コントローラで行えるようになったり、エンジニアリングワークステーション上で動いていたデータ解析や支援システムがパーソナルコンピュータ上で動くようになってきている。監視制御システムは集中管理が可能となり、グラフィック監視画面をCRT操作卓や大型スクリーンで表示させることも可能となってきた。このように、下位のハードウェアの機能が向上し、今までの上位ハードウェアの役割を担うようになってきたため、更に多くの機能、高度な制御システムが構築可能となってきている。

浄水場の水質制御、薬品注入制御は、水質計器の開発と計算機ハードウェアの進化とともに20年以上の実績をつみ重ねてきたが、課題もいくつか残されている。制御を難しくしている主な要因は、検水点の問題と水質変動への対応であると考えられる。

### 2.1 検水点と制御応答との関係

たとえば、前塩素注入率を変える操作を行うと、塩素注入機の塩素注入率は即座にステップ状に変化するが、制御対象である沈殿池入口残留塩素濃度は、Fig.1に示すように、むだ時間経過後、遅れ時間(時定数相当)をともなって徐々に変化する。

制御工学的に見て、むだ時間が遅れ時間に比べて長いプロセスは迅速な応答を得ることが難しく、望ましい制御を行うことは困難であるといわれている。pHや残留塩素濃度の制御ではフィードバック制御が用いられるが、これら水質制御はむだ時間が長い代表的なプロセスである。

水質計器を用いたフィードバック制御システムを導入する場合、管理用として使用する水質計器とでは、検水点異なる場合もある。また、被処理水の流量変動に応じて流下時間が変化し、むだ時間が変化してしまうという問題もある。

### 2.2 水質の変動

原水水質は日々変動しており、制御系にとっては外乱になっている。水質変動の原因は、台風や集中豪雨による高濁水流入のような急激な水質変動がある一方で、季節変動、渇水ともなう水質の悪化、さらにダム湖の富栄養化や水源上流域の都市開発による人口増加、下水道整備の影響のようにゆっくりとした変動もある。原水水質の変動は、時によって処理プロセスの制御応答を変化させることがあり、適切な薬品注入制御を行うには制御パラメータの再調整を必要となる場合がある。この点が水質制御の適切な運転の継続を困難にしている原因の一つであると考えられる。

通常、制御パラメータの調整では、まず処理プロセスの特性を把握する必要がある。プロセスを把握するには、目標値をステップ状に変化させて応答をとる方法がよく用いられる。しかし、水質基準をはじめとする運用上の制約条件の中で、時定数の長いプロセスに対して応答データを収集しようとする、場合によっては一度の試験で半日以上を要することもある。このように、水質の変動、とくに季節変動のような長期的な変動に対応して制御パラメータを適応させることの困難さも、水質制御の課題として残されている。

このほか、原水水質の変動ではないが、取水源の切替えとその流量変化、ろ過池洗浄排水返送のタイミングとその流量、系統切替え時の一時的で急激な流量変化にみられるような場内の水運用制御との連携も水質制御を実施するうえで重要である。

## 3 水質制御の高度化事例

これまでに述べてきた水質制御に関する課題を解決するため研究開発を進めてきているが、本章では課題に対する対策技術として開発してきた支援システムを、塩素注入制御を例に紹介する。

この支援システムは、消毒副生成物の有害性と感染症原因微生物の消毒との両面から求められる、よりきめ細かい塩素消毒管理を行うため、対策として開発を進めてきたものである。消毒副生成物の生成を抑え塩素消毒を有効に行うためには、塩素注入制御を適切に行う必要がある。比較的長期の水質変動に応じて制御パラメータの調整が必要となったとき、その作

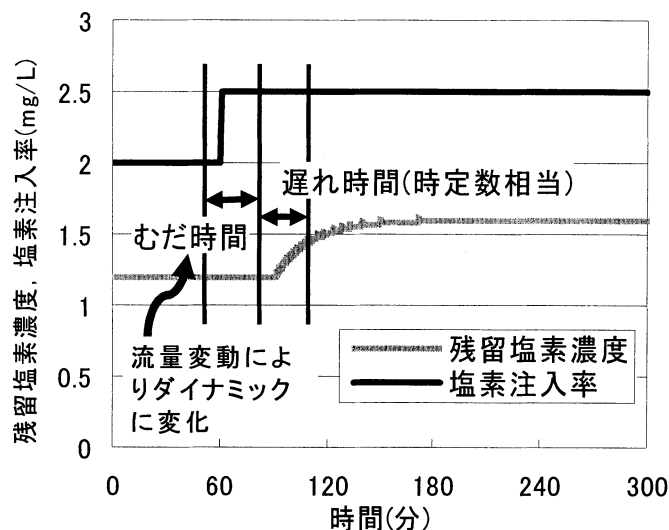


Fig. 1 無駄時間と遅れ時間

業には時間、労力、知識あるいは経験が求められる。この開発は、プラントの実データを取り込みシミュレーションする支援システムを構築することにより、迅速に、且つ水質の悪化などを引き起こすことなく、様々な検証試験をパーソナルコンピュータ上で行うことができるツールを提供することを目的としている。

### 3.1 塩素(次亜)注入制御と支援システム

水質変動に対して、塩素注入管理をより適切に行うため、制御パラメータ値を適切に調整する検討手段として、シミュレ

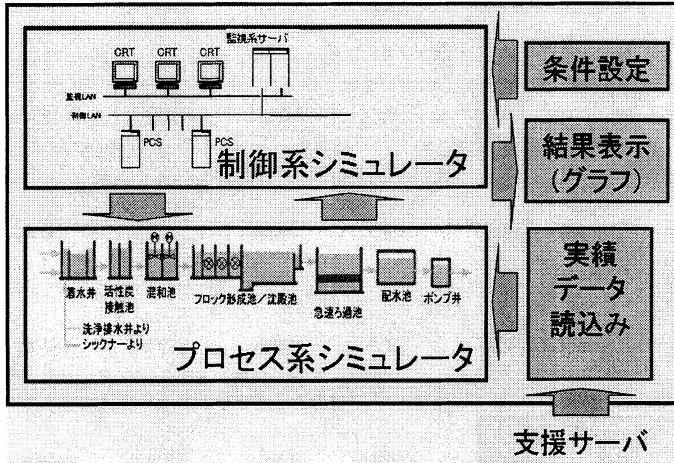


Fig. 2 シミュレーション機能構成

ータによる支援システムを開発した。ここでは、沈殿池入口残留塩素濃度一定制御を行う前次亜注入制御のシミュレーションについて述べる。この沈殿池入口残留塩素シミュレーションには、Fig. 2のシミュレーション機能構成図に示したように、プロセスを同定(数式モデル化)するシミュレーション機能と、制御応答を確認するシミュレーション機能がある。制御パラメータを調整する手順は、以下の通りとなる。1)シミュレーション機能を用いて、実プロセスの運転実績データを基に、プラントのプロセスモデルパラメータを決定する(プロセス同定)。2)制御パラメータの推定を行い、シミュレーションで目標値の変化などに対する制御応答を確認し、制御パラメータの良否を判断する。以下に、各シミュレーション機能について説明を行う。

#### (1) プロセスを同定する機能

プロセスを同定するためのシミュレータは、次亜塩素酸を注入してから残留塩素濃度計で残留塩素濃度が計測されるまで

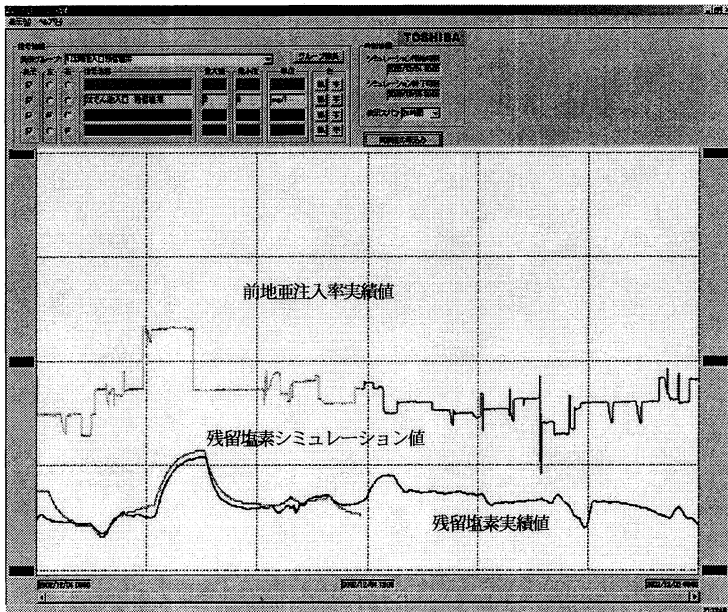


Fig. 3 プロセスを同定するシミュレーション実施例

を模擬しており、プロセスを「無駄時間+遅れ」で近似するようになっている。これまで、動力学モデルを組み合わせた浄水場の水質シミュレータを開発してきているが、本シミュレータは水質の専門的な知識をそれほど必要としないとして同定に必要なデータは、支援系サーバに蓄積した実プラントのデータの中から日時指定で自動的に取り込むようになっている。

Fig. 3はシミュレーション実施例で、一番上段のグラフは注入率の実績値、下段のグラフで途中までプロットしているグラフはプロセス同定のシミュレータによる残留塩素計算値、下段で全てプロットしてあるグラフは残留塩素実績値である。

この図は注入率の実績値をプロセス同定のシミュレータに入力し、応答結果を残留塩素実績値と比較している状態である。グラフの追従性などを見ると、このプロセスのモデルはほぼ良好に同定されていると考えられる。プロセス系シミュレータは、塩素注入に関して実プラントとほぼ同じ応答を示す状態に調整されたことになる。

## (2) 制御応答を確認する機能

今回開発したシミュレータには、前次垂注P C Sの模擬コントローラが組み込まれており、制御応答を確認することが

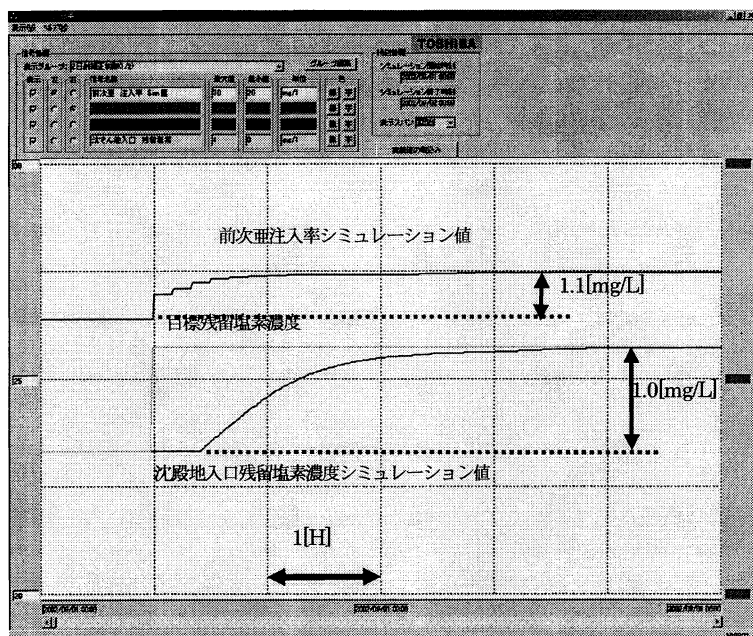


Fig. 4 制御パラメータ確認のシミュレーション実施

できる。Fig. 4は結果の一例で、このようにグラフにより沈殿池入口残留塩素目標値を変化させた場合の応答時間(むだ時間, 遅れ時間)やオーバーシュートの有無を確認できる。図中で上段のグラフは前次垂注率のシミュレーション値で、目標残留塩素濃度に対して設定した制御パラメータで注入率を算出した結果をプロットしたものである。中段のグラフである目標残留塩素濃度を变化させると、前次垂注率のシミュレーション結果も変化する。

下段の沈殿池入口残留塩素濃度シミュレーションのグラフは、注入率のシミュレーション結果と同定したプロセスモデルによって算出した結果をプロットしたものである。グラフの実施例では、沈殿池入口残留塩素濃度目標値を1.0 mg/L上昇させた場合、オーバーシュートせずに2時間程度で目標値に到達するような制御が行えることが判る。適切な制御が行えることを確認できた時点で、シミュレーションの制御パラメータを実際のプラントの制御システムに適用し、適切な制御が行われていることを確認し

ていく。こうして、制御パラメータを迅速にパーソナルコンピュータ上で検討し、プラントの制御システムの調整を行うことが可能となる。

## 4 あとがき

水道水質に対する要求は、トリハロメタンなどの消毒副生成物の対策、塩素耐性をもつクリプトスポリジウムやジアルジアなどの原虫対策、農薬等微量化学物質対策など多岐にわたり、今後、ますます多様化、高度化していくと考えられる。また、地域住民の水道水に対する要求は高く、浄水場には水質基準よりはるかに良質な水質を維持するための技術が求められる。こうした要求に応えるため、浄水高度処理技術などをはじめ、様々な技術が盛んに開発されている。その一方で、内分泌かく乱化学物質など有害な微量汚染物質の問題など、新たな課題も徐々に明らかになってきている。また、予定されている水質基準改正には臭素酸の規制などが新たに加わり、これらの生成を抑制する技術の確立も必要とされている。

浄水場の水質制御支援システムの高度化と題して、水質制御における課題の提示とそれらに対して管理上で手助けとなるツールとしてシミュレータを組み込んだ支援システムについて紹介したが、これらの制御支援技術は、運用・維持管理やコスト削減で貢献が期待できる。今後もこれらの技術の改良・確立に注力し、現場における活用や定着を高めていきたい。