

# 三郷浄水場の中間塩素注入制御システムについて

田中 博

東京都水道局三郷浄水場  
三郷市彦江 3-12-2

## 概 要

上流地域への都市化の進展や産業活動の発展により、水道水源である河川の水質は、汚濁化が進んでいる。また、水質基準の改正にも見られるごとく、水道水質に対する世論の関心は高まり、特に、消毒副生成物の存在は、水道事業にとって大きな課題となっている。

三郷浄水場は、従来前塩素処理方式を主体としていたが、「安全でおいしい水」の要求の高まりを先取りして、中間塩素処理方式を導入し、安定した制御を確立した。

## キーワード

### 中間塩素処理、フィードフォワード制御、フィードバック制御

#### 1. はじめに

三郷浄水場は、従来から計算機による自動制御システムにより、前塩素処理を主体とした酸化・消毒処理を行ってきた。しかし、近年、消費者の「おいしい水」や健康への関心の高まりとともに、塩素注入によって生じる消毒副生成物の存在が明らかとなった。このため、前塩素処理から凝集・沈澱処理後に、塩素注入を行う中間塩素処理方式に移行した。

ここでは、三郷浄水場の中間塩素注入制御システムについて報告する。

#### 2. 三郷浄水場の監視制御システム構成

三郷浄水場の監視制御システム構成は、大規模で複雑化した浄水処理の安全性・信頼性を高めるために、集中監視分散制御方式を導入している。監視設備は、管理用計算機を2台設置し、平常時は全負荷を二分して運用し、1台停止時は他の1台によって全負荷を処理する、ロードシェアデュプレックス方式である。

制御は、薬液制御用デジタルコントローラ（DC）で行い、塩素用（2台）、PAC・苛性ソーダ用（2台）と共用（2台）を設置している。万一、一方のDCが故障した時には、他方のDCが制御機能を停止することなくバックアップを行う。DCと管理用計算機間は、二重化した光ファイバケーブルの信号伝送装置で結ばれており、高速かつ大容量の信号伝送を行っている。図-1に「管理用計算機システム構成図」を示す。

#### 3. 薬品注入制御システム

三郷浄水場では、通常ポリ塩化アルミニウム（PAC）、塩素、苛性ソーダの3種類の薬品を注入しており、全て自動制御による薬品注入制御システムとなっている。

各薬品注入制御方式は、浄水処理プロセス毎に二重化された水質計器によるデータを収集し、計算機により重回帰分析を行い、モデル演算式によって薬品の最適注入率を算出し、現場のDCにより注入制御を行っている。図-2に「三郷浄水場薬品注入点」を示す。

図-1 管理用計算機システム構成図

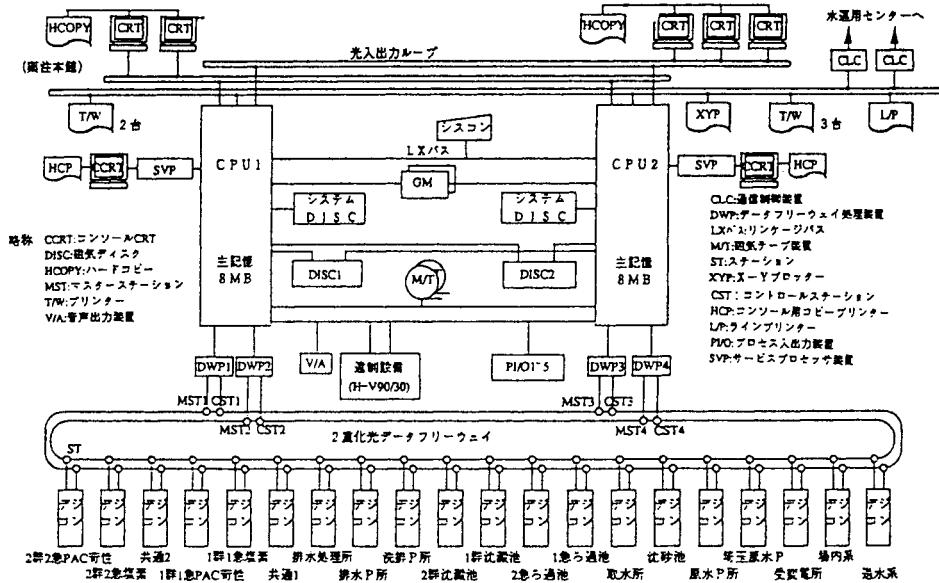
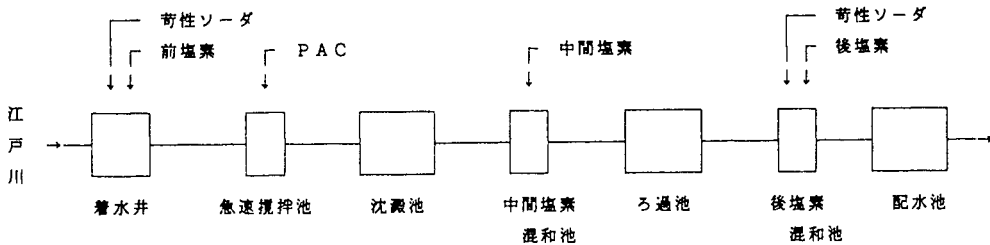


図-2 三郷浄水場薬品注入点



#### 4. 中間塩素注入制御について

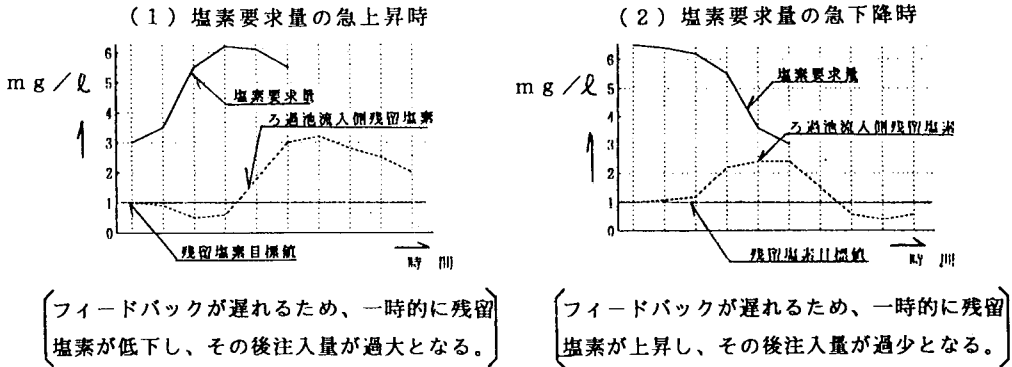
三郷浄水場の原水水質は、江戸川流域の都市化の進展に伴い、悪化傾向にある。特に、灌漑期（5月から9月）には、アンモニア性窒素や溶存マンガンが高く、潮の干満の影響を受け、時間単位で著しく水質が変動する。このため、中間塩素注入制御システムは、迅速な応答及び安定・確実な制御が求められた。

中間塩素処理の主体化に伴い、前塩素処理の実績を参考としながら、2年度にわたる各種実験を積み重ね、次のように制御方式を改良した。

##### 4. 1. 制御方式の改良

(1) 従来の中間塩素注入制御方式は、フィードバック（FB）制御であったため、図-3のごとく、制御遅れが発生し、安定した制御ができなかった。このため、原水の水質変化に迅速に対応するように、中間塩素用塩素要求量計を沈澱池流出側に設置し、沈澱池塩素要求量を計算機に取り込み、演算を行うフィードフォワード（FF）制御を導入した。

図-3 FBのみによる制御結果



(2) FF制御用塩素要求量計の反応時間は、約30分程度を必要とする。特に、処理水量が増加した場合など、制御遅れが発生する。このため、ろ過池流出側の残留塩素目標値によるフィードバック(FB)制御を併用した。また、FB制御をより安定・確実にするため、注入率補正值演算に使用するデータは、演算周期5分間の間に収集される5個のデータ中、最新の3個のデータの平均値を採用することにより、FB制御の重みと迅速性を増すものとした。

(3) 後塩素注入停止時は、中間塩素によって全ての塩素要求量を満たす必要がある。このため、ろ過池流出側にいたるまでの、日射・風速などの気象補償及び、塩素要求量を設定できるようにした。

(4) 制御用CRT画面の改良を行い、中間塩素制御用定数等の設定状況の確実な判読、及び設定変更がCRTで容易にできるよう改良した。

#### 4. 2. 中間塩素注入制御演算式

FF、FBの注入制御演算式は、次のとおりである。 図-4に「塩素注入制御方式」を示す。

##### (1) フィードフォワード(FF)処理

沈澱池流出側の塩素要求量計測値(DCL<sub>2</sub>)又は、沈澱池流出側の残留塩素計測値(FCL<sub>2</sub>)のどちらかをCRTから選択し、沈澱池流出側の残留塩素換算値(FCL'<sub>2</sub>)を求める。

(ア) 塩素要求量計を使用する場合 → FCL'<sub>2</sub> = (-1) × DCL<sub>2</sub>

(イ) 残留塩素計を使用する場合 → FCL'<sub>2</sub> = FCL<sub>2</sub>

残留塩素換算値とろ過池流入側残留塩素目標値との偏差によりFFの注入率(γ<sub>0</sub>)を次式から求める。

$$\text{注入率 } \gamma_0 = a_1 (\overline{FCL}_3 + K_1 - FCL'_2)$$

FCL'<sub>2</sub>: 沈澱池流出側残塩換算値      a<sub>1</sub>, K<sub>1</sub>: 定数

$\overline{FCL}_3$ : ろ過池流入側残塩目標値

注入率γ<sub>0</sub>は、DCにより対象水量との演算を行い、中間塩素注入量として注入する。なお、注入率γ<sub>0</sub>には、不感帯を設け、チャタリング防止を図った。

##### (2) フィードバック(FB)処理

ろ過池流入側残留塩素(FCL<sub>3</sub>)とこの地点の目標値( $\overline{FCL}_3$ )との偏差から、FB注入率補正值(γ<sub>1</sub>)を求める。

$$\text{注入率補正值 } \gamma_1 = K_1 \cdot E_t + K_p \cdot \Delta E_t + \gamma'_1$$

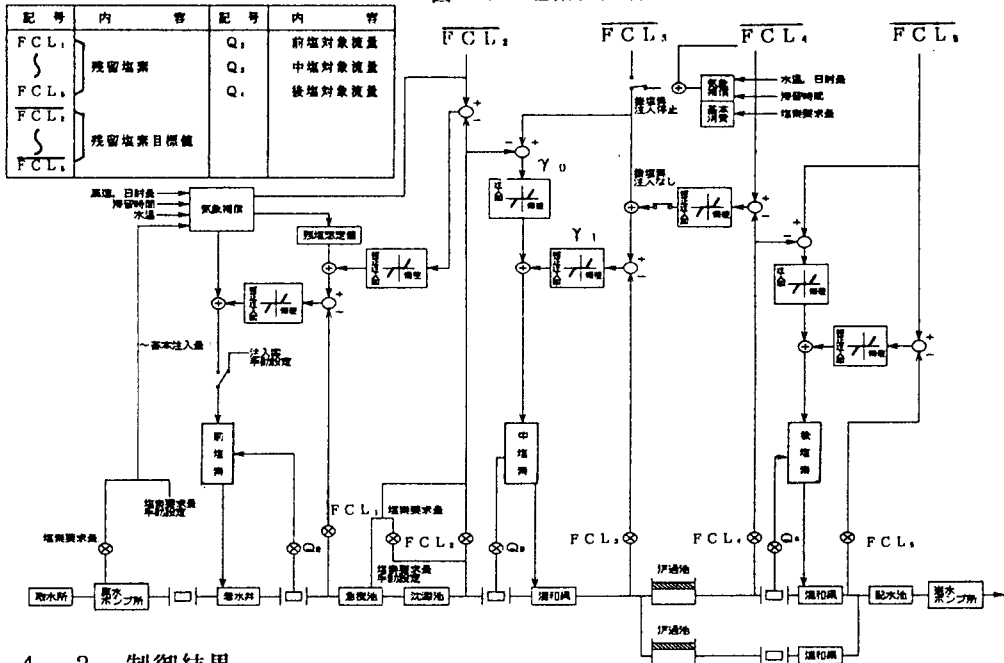
E<sub>t</sub>:  $\overline{FCL}_3 - FCL_3$       γ'<sub>1</sub>: 前回注入率補正值

ΔE<sub>t</sub>: E<sub>t</sub> - E<sub>t-1</sub>      K<sub>1</sub>, K<sub>p</sub>: P, Iパラメータ

後塩素注入停止時におけるろ過池流入側残塩目標値( $\overline{FCL}_3$ )は、ろ過池流出側の残留塩素(FCL<sub>4</sub>)と、この地点の目標値( $\overline{FCL}_4$ )との偏差及び気象補償により決定する。

演算して求めた注入率補正值γ<sub>1</sub>は、FF注入率γ<sub>0</sub>を補正する。

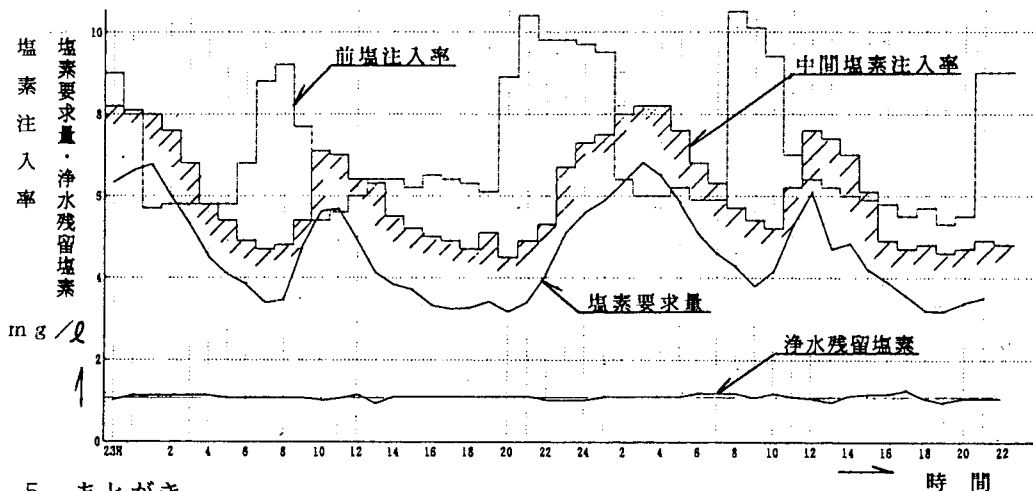
図-4 塩素注入制御方式



4. 3. 制御結果

中間塩素注入制御への移行後は、原水水質の大幅な変動にもかかわらず、図-5 「三郷浄水場中間塩素注入実績」に示すとおり、良好な応答性と安定した残留塩素の管理ができた。また、塩素の注入量実績は、前塩素処理に比較して、約10%減少した。また、トリハロメタン生成能についても、前塩素処理に比較して、約10%除去率が向上した。

図-5 三郷浄水場中間塩素注入実績（平成6年6月24日～25日）



5. あとがき

三郷浄水場の中間塩素注入制御システムは、当局の持っているノウハウを駆使すると共に、2年度にわたる各種実験の積み重ねによって、安定した制御が可能となった。

今後、これまでに得られたデータをもとに、更にソフト、ハード面の改善を図り、「安全でおいしい水」の供給を目標に、消費者のニーズに応じていく所存である。