

〈特集〉 賛助会員企業 最新技術紹介 株式会社日立製作所

アルミニウム濃度に基づく浄水薬品注入制御技術

横井 浩人¹⁾, 三宮 豊²⁾, 武本 剛³⁾, 柳生 悦穂⁴⁾

¹⁾ (株)日立製作所 日立研究所 (〒319-1292 日立市大みか町7-1-1 E-mail: hiroto.yokoi.vb@hitachi.com)

²⁾ (株)日立製作所 日立研究所 (〒319-1292 日立市大みか町7-1-1 E-mail: yutaka.sangu.nf@hitachi.com)

³⁾ (株)日立製作所 インフラシステム社 (〒319-1293 日立市大みか町5-2-1 E-mail: takeshi.takemoto.ay@hitachi.com)

⁴⁾ (株)日立製作所 インフラシステム社 (〒101-8608 千代田区外神田1-18-13 E-mail: etsuo.yagyuu.rh@hitachi.com)

概要

降雨などの原水水質急変時にも処理水水質を適正に維持可能な PAC 注入制御技術を開発した。PAC の主成分であるアルミニウムに着目し、混和水中に含まれる微小なフロック中のアルミニウムをフィードバック指標とすることで、従来よりも短時間での補正が可能である。年間を通して浄水場の原水を用いた制御実験を実施し、高濁度だけでなく低濁度など、凝集処理に影響する場合も適用できることを確認した。本技術は水質維持管理の合理化と環境負荷低減に寄与できるものと考えている。

キーワード：アルミニウム、凝集剤、PAC、注入率、制御

原稿受付 2013.4.28

EICA: 18(1) 18-19

1. はじめに

浄水場では熟練職員の減少が見込まれており、より合理的な維持管理の実現が求められている。対策として、運転員の教育・訓練体制の強化、第三者委託による外部ノウハウの導入、監視制御システムの効果的な活用などの施策が進められている。浄水処理における凝集剤や塩素剤などの薬品注入管理には、既設の監視制御システムに実装された、水質センシングに基づく FF (フィードフォワード) や FB (フィードバック) の制御が活用できる¹⁾。しかし、これらの機能に頼らず、ジャーテスト結果や熟練運転員の経験とノウハウに基づいた運転管理を採用しているケースも多い。これは、水質・水量の急激な変化への対応、FB における時間遅れ、凝集阻害を引き起こす水質要因のセンシングなどに対して、監視制御システムによる薬注制御が必ずしも十分に対応できていないことが原因と考えられる。

そこで、著者らは、従来、水質リスクが高く手動介入がなされていた原水水質まで自動運転の適用範囲を拡大することで、維持管理に係る上記の課題を解決できると考えた^{2,3)}。この実現手段として、凝集剤である PAC (PolyAluminum Chloride) の主成分であるアルミニウム (Al) に着目し、制御手法と計測装置を開発した。

2. アルミニウムを用いた浄水薬注制御

2.1 開発制御とシステム構成

Fig. 1 に開発方式による制御システムの構成を示す。

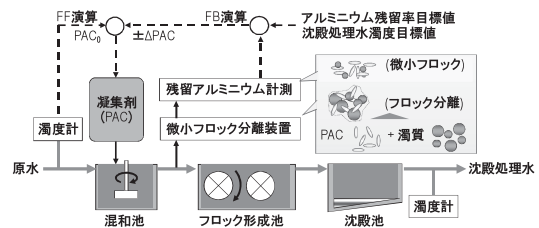


Fig. 1 Flow diagram of the new coagulant dosage control system

このシステムは、微小フロック分離装置、残留 Al 計測装置、その他の水質計器 (濁度, pH, 水温), PAC 注入率演算装置, および, PAC 注入装置から構成する。本開発方式の特徴は、①残留 Al 計測用のサンプリングを混和池出口で実施する点、および、②サンプルを前処理 (微小フロック分離処理) して、得られた微小なフロックを Al 計測の対象とした点である。

開発方式は、原水水質から基本凝集剤注入率を算出する FF と、Al 濃度および沈殿処理水濁度をもとに補正値を算出する FB とを組合せた FF+FB 制御である。FF による基本凝集剤注入率 (PAC_0) は、原水濁度等の原水水質を入力として値を算出する。一方、FB による PAC の補正量 (ΔPAC) は、混和池出口でサンプリングした水を微小フロック分離装置で処理後、残留 Al 濃度を計測し、その結果を使って式 (1) により算出する。混和水中のフロックは粒径分布を持ち、その中でも微小なフロックは沈殿水濁度を増加させる原因と考えられる。この微小フロック濃度は、原水水質と PAC 注入率の影響を受けるため、本開発の PAC 補正の評価指標として式 (2) に示した Al 残留率

(Al 計測値と注入した PAC 量から換算した Al 濃度の比) を使用することとした。Al 残留率と沈殿処理水濁度との間に相関性があることはジャーテストで確認済である。

$$\Delta PAC = \{C_1 \cdot (R_{Al} - R_{AlH}) + C_2 \cdot (Tu_s - Tu_{st})\} \cdot PAC' + C_3 \cdot \Delta PAC' \quad (1)$$

$$R_{Al} = Al_1 / Al_0 \cdot 100 \quad (2)$$

ここで、 ΔPAC : FB で求めた PAC 注入率 (mg/L), PAC' : 1 制御周期前の PAC 注入率, $\Delta PAC'$: 1 制御周期前の ΔPAC , Tu_s : 沈殿水濁度 (度), Tu_{st} : 沈殿水濁度目標値, R_{Al} : Al 残留率 (%), R_{AlH} : R_{Al} 目標値 (%), Al_1 : 残留 Al 濃度 (mg/L), Al_0 : 注入した PAC 量から換算した Al 濃度 (mg/L), $C_1 \sim C_3$: 定数である。FB 補正は、PI 制御とし、PAC の注入率に応じた重みで比例項の値が計算される方式とした。

以上のシステム構成により、PAC 注入制御の時間遅れが短く、原水水質に依存しない安定した凝集沈殿処理が期待できる。

2.2 アルミニウム計測

微小フロック分離後のサンプル水の Al 濃度範囲と制御に必要な分析精度を考慮し、Al 計測方法にはエリオクロムシアニン試薬 (ECR : Eriochrome Cyanine Red, $C_{23}H_{15}Na_3O_9S$) を使った吸光光度法を選択した。サンプルに ECR 試薬と酢酸緩衝液を順次添加し、 $\lambda=535$ nm の吸光度 (Abs) を測定する (Fig. 2)。計測対象とする Al は主に PAC に由来し、混和水中では不溶性の $Al(OH)_3$ と溶解性のイオン (主に $Al(OH)_4^+$) の形態をとる。本 Al 計測方法では、不溶性 Al の溶解と発色が良好に実施でき、かつ、装置の簡素化、薬液量低減、ECR の劣化抑制を実現するため、ECR 試薬の pH を最適化した。

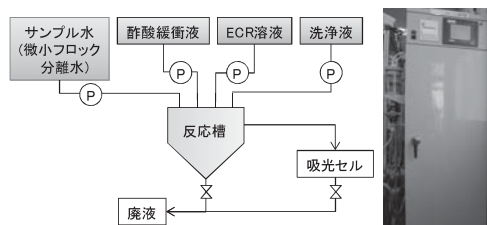


Fig. 2 Aluminum measurement flow and apparatus

制御システム向け新たに制作した Al 自動計測装置は 0~0.5 mg/L (計測誤差 : $\pm 5\%$ FS) の範囲で Al 濃度を計測でき、最大 15 分毎のバッチ計測の結果を PAC 注入率補正に使用できる。本方法は、ICP や原子吸光分析に比べて高濃度の計測ができ、相対的にコストを低減できるメリットもある。

2.3 制御実験による実証

開発方式の性能確認のため、カオリンを模擬濁質として用いたラボでの制御実験、および、A 市浄水場の原水を用いた実証実験を実施した。いずれも、実機の混和池、フロック形成池、および、沈殿池を模擬した処理能力 2 L/min の実験装置を用いた。Fig. 3 に示す監視制御システムには、開発方式の制御ロジックを実装するとともに、対照系として沈殿処理水濁度による FB を行う従来制御ロジックを備えた。また、混和池 pH に基づく苛性ソーダ注入制御も導入した。

ラボ実験では原水濁度 2~100 度、実証実験では 1 度~実験装置の検出上限である 300 度での範囲でデータを取得した。開発制御は従来制御に比べ、沈殿池の滞留時間 (約 2 h) 分、早期に PAC 注入補正した。結果、沈殿処理水濁度を目標値の ± 0.5 度以内に維持することができた。A 市での実証実験は年間を通じて行い、高濁度だけでなく、低濁度等の凝集処理に影響する水質においても機能することを確認できた。

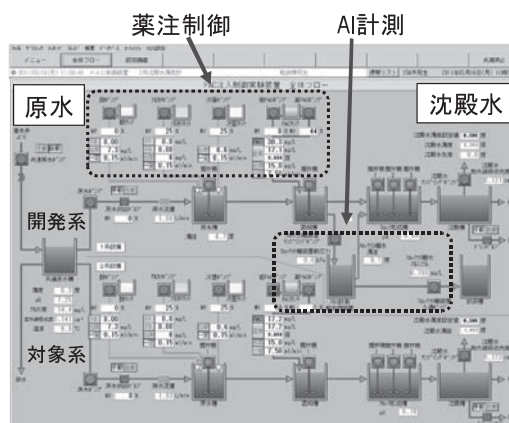


Fig. 3 Human machine interface in developed SCADA system for experiments using real raw water

3. おわりに

熟練職員減少に対する施策の一つとして、新たな薬品注入制御技術を開発・実証した。本技術により、水質急変時の水質維持はもちろん、凝集剤の適正注入による環境負荷低減にも寄与できると考える。

参考文献

- 1) 財水道技術研究センター：浄水技術ガイドライン, pp. 237-238 (2000)
- 2) 三宮 豊, 横井浩人, 小島 亮, 柳生悦穂：アルミニウムを用いた凝集剤注入制御方式の性能実証, 第 63 回全国水道研究発表会予稿集, pp. 160-161 (2012)
- 3) 三宮 豊, 横井浩人, 田所秀之, 館 隆広：アルミニウムを用いた PAC 注入制御方式の実証, 環境システム計測制御学会誌, Vol. 17(2/3), pp. 143-150 (2012)