

# 上水道の安全・安心に貢献する 監視制御・情報処理システム

Supervisory Control and Information Systems for Safe and Secure Water Supplies

横井 浩人  
Yokoi Hiroto  
柳生 悦穂  
Yagyu Etsuo

三宮 豊  
Sangu Yutaka  
寺谷 匡生  
Teratani Masao

2013年3月に厚生労働省が公表した「新水道ビジョン」は、「安全」、「強靱」、「持続」の3つの観点から、日本の水道の理想像と重点的な実現方策を提示している。東日本大震災の経験や、今後見込まれる総人口の減少を考慮したリスク対策が課題となっている。日立グループは、これまでも上水道の安全・安心に寄与するさまざまな技術を提供してきた。これらは新水道ビジョンの目標を実現するための強力なツールとなり得るものであり、ICTを活用し、浄水場内から事業体レベルの広域を対象とした監視制御システムや情報処理システムを提供している。

## 1. はじめに

「新水道ビジョン」が2013年3月に厚生労働省から公表された<sup>1)</sup>。この10年間における水道を取り巻く大きな環境の変化として、日本の総人口の減少、および東日本大震災の経験が挙げられている。そして、これらの変化・課題を踏まえ、「地域とともに、信頼を未来につなぐ日本の水道」を基本理念として、「安全」、「強靱（じん）」、「持続」の3つの観点から水道の理想像と重点的な実現方策を提示し

ている。

安全な水供給の保証の点では、水源から給水栓（需要家）までを考慮した保全・施設整備・体制づくりにより、安全な水をおいしく飲める環境の実現が望まれる。次に、危機管理への対応の徹底という点では、大規模地震や自然災害の場面においても必要最小限の供給を可能とする設備の強化、関係者と連携した応急給水や復旧活動の展開など、リスクの考えに基づくハードウェア・ソフトウェアの対策推進が重要になる。そして、水道サービスの持続性確保の点では、水の供給基盤としての資金・人・施設の確保、省エネルギーを含めた環境対策の積極的な実施が必要である。

新水道ビジョンで掲げる重点的な実現方策と、監視制御や情報処理システムの視点から見た日立グループの対応技術を図1に示す。まず、関係者間の内部方策として、施設や人材などの項目が挙げられる。水量・水質のセンシングや電力量などの指標の「見える化」、計測データに基づく運転制御は、施設や水質の維持管理のレベルアップに寄与することが見込まれる。次に、危機管理対策の一端を担う

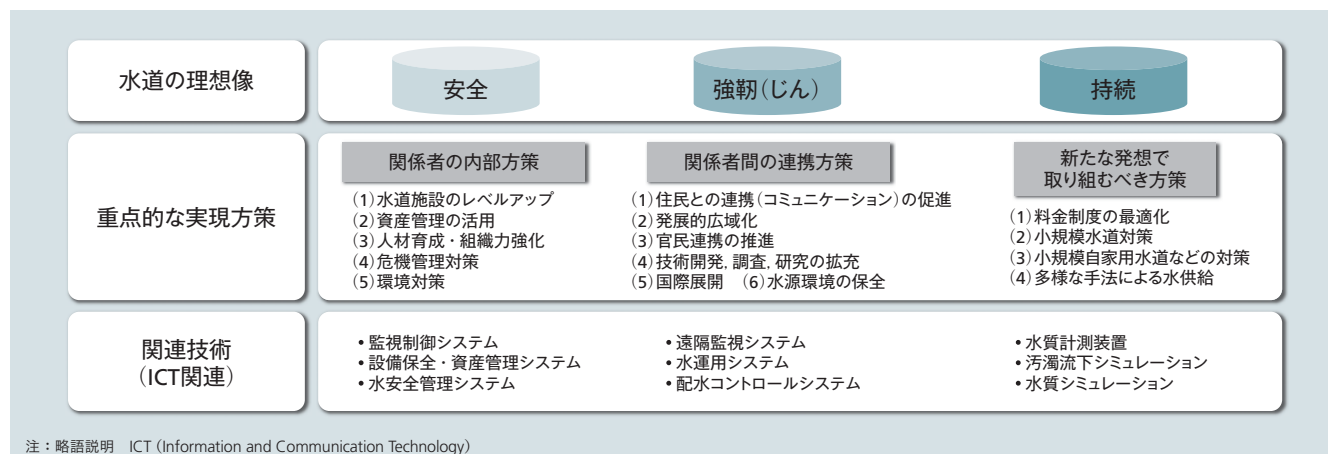


図1 | 新水道ビジョンと関連するICT

新水道ビジョンで掲げられた理想像を実現するための重点的な方策について、さまざまなICT機器・システムの活用が考えられる。

水安全計画やBCP（Business Continuity Plan：事業継続計画）のための情報システムは、各種のデータを管理し、計画の立案と実行を支援できる。また、関係者間の連携方策に分類される住民との連携促進は、安全・強靱・持続のすべてに関わる重要項目である。需要家への説明責任を果たすとともに、発展的広域化につながる他の行政部門との連携に向けては、統合型の情報システムが対応する。

ここでは、日立グループが提供するICT（Information and Communication Technology）のうち、新水道ビジョンの理想像の実現や、安全・安心に関わるリスク軽減に貢献するシステムとして、浄水向け薬品注入制御システム、水安全管理システム、および防災情報システムについて述べる。

## 2. 浄水向け薬品注入制御システム

### 2.1 システムの目的および構成

浄水場では熟練職員の減少が顕在化しており、より合理的な維持管理の実現が求められている。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（Feed-forward）やFB（Feed-back）の制御が活用できる。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。そこで日立グループは、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が可能な方式を開発した<sup>2)</sup>。

この方式は凝集剤であるPAC（Polyaluminum Chloride）の主成分であるAl（アルミニウム）に着目したものである。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注入装置から構成される（図2参照）。この開発方式の特徴は、(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、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。

### 2.2 制御および計測方式

開発した制御方式は、原水水質から基本凝集剤注入率（ $PAC_0$ ）を算出するFFと、Al濃度および沈殿処理水濁度を基に補正值を算出するFBを組み合わせたFF + FB制御である。FFによる $PAC_0$ は、原水濁度など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（ $\Delta PAC$ ）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PI（Proportional Integral）制御する。混和水中の微小なフロックは、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、評価指標として、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PAC補正に用いた。

微小フロック分離後のサンプル水のAl計測方法には、エリオクロムシアニン試薬（ECR：Eriochrome<sup>®</sup> Cyanine Red,  $C_{23}H_{15}Na_3O_9S$ ）を使った吸光光度法を用いる。サンプルにECR試薬と酢酸緩衝液を順次添加し、 $\lambda=535\text{ nm}$ の吸光度（Abs：Absorbance）を測定する。混和水中のAlは、主に不溶性の $Al(OH)_3$ と溶解性のイオン[主に $Al(OH)_4^-$ ]の形態をとる。この方法では、不溶性Alの溶解と発色が両立できるようECR試薬のpHなどを調整している。制御システム向けAl自動計測装置は0～0.5 mg/L[計測誤差：±5% FS（Full Scale）]、15分ごとのバッチ計測が可能である。

### 2.3 制御性能

開発方式の性能実証のため、A市浄水場の原水を用い、処理能力2 L/minの実験設備で実験を行った。監視制御システムには、Al濃度と沈殿処理水濁度によるFBを備えた制御ロジックを実装した（図3参照）。実証実験では、原水濁度1度から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時間）分、早期にPAC注入補正した。その結果、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、低濁度など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済みである。

この制御を含む監視制御システムにより、水道に関わる自然系リスク（原水濁度上昇など）と人為系リスク（PAC

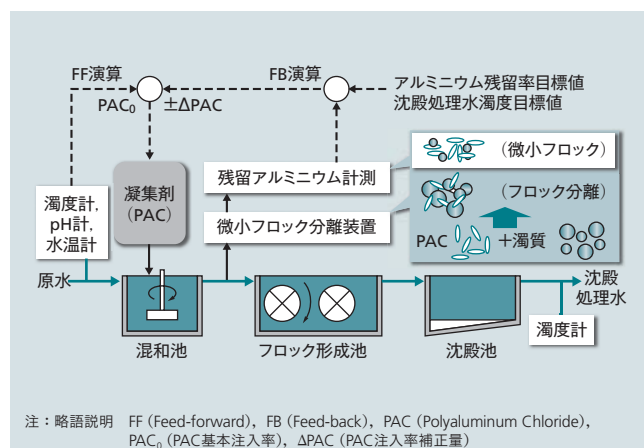


図2 浄水向け薬品注入制御システムの制御フロー

混和水の残留アルミニウムを指標とすることでFB制御の時間遅れを短縮する。

※）Eriochromeは、Huntsman International LLCの登録商標である。

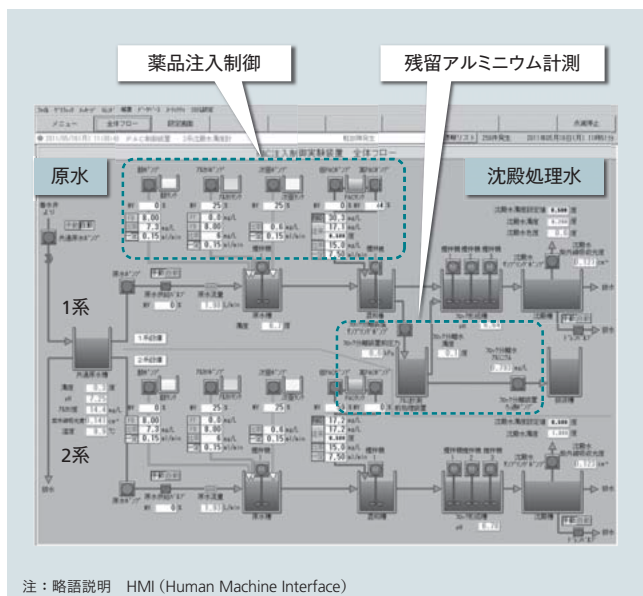


図3 浄水向け薬品注入制御システムのHMIの例  
開発制御ロジックを実装した監視制御システム「AQUAMAXシリーズ」を用いて、実際の水道原水に対する制御性能を実証した。

注入操作のミス)を軽減し、新水道ビジョンの水道施設のレベルアップに寄与していく。

### 3. 水安全管理向け情報システム

#### 3.1 水安全管理システムのコンセプト

WHO (World Health Organization：世界保健機関) や厚生労働省は、水道水質管理のレベルと需要家へのアカウントビリティを向上させる目的で、水安全計画の策定を推奨している<sup>3), 4)</sup>。水安全計画はリスク管理手法をベースとしており、PDCA (Plan, Do, Check, and Action) のサイクルにおいて、想定される危害の抽出、リスク評価、対応措置のマニュアル化を実施する点が特徴である。新水道ビジョンでは、危機管理対策の1つとして事前の応急対策であるBCPの策定を推進している。水安全管理システムの対象は、水道事業に関わる自然／社会／人為系のすべてのリスクであり、大規模災害を対象としたBCP策定と運用への展開も期待できる。

#### 3.2 水安全管理システムの機能

水安全管理システムの主要機能は、適用支援機能と運用支援機能である。

適用支援機能では、PDCAサイクルにおけるPlanやCheckを支援する。特に危害分析、重要管理点の設定、管理基準の設定、モニタリング方法の設定のステップ向けには、対象プロセスに関するデータベース構築、実績データを用いた分析・評価の機能を有する(図4参照)。このシステムの一連の評価により、維持管理に最低限実施・順守されるべき業務や運転条件範囲が明確になる。作成した手

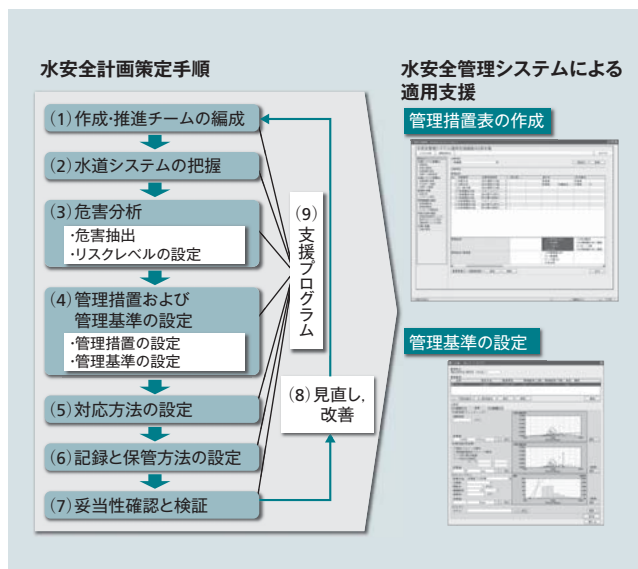


図4 水安全計画策定手順とシステムによる適用支援

厚生労働省の水安全計画策定ガイドラインによる手順に準拠したワークフローを採用している。実測データの分析機能に基づく管理基準値設定により、業務改善に寄与する。

順書などのドキュメントは、このシステムで一元管理し、事業体や自治体内で共有できる。また、評価結果を現状の管理体制と比較することで、事業体としての今後の改善方向 (Action) 提案や、需要家とのコミュニケーションの材料として利用することも考えられる。

運用支援機能は、Doの支援を目的とする機能である。オフライン／オンラインでこのシステムが管理する各種管理基準、水質・プロセスデータ、ドキュメントを利用する。それにより、管理基準逸脱時の警報、類似水質検索に基づく過去の水処理履歴の提示、異常時の対応措置の提示などを実行し、水安全計画の運用を支援する。

今後、日立グループがこれまで培ってきたICT (センシング、ネットワーク、シミュレーション、制御など) と組み合わせることで、BCPの範囲を含めて、各事業体に適した総合的なソリューションと危機管理システムを提供していく所存である。

### 4. 広域の危機管理に対応する情報システム

#### 4.1 防災情報システムの機能

新水道ビジョンの実現方策には「関係者間の連携方策」が挙げられており、住民と水道事業体、近隣水道事業体間、他の行政部門、官民との連携が含まれる。地域や組織的な境界を越えて災害時の連携を円滑に行うには、情報システムの存在が不可欠である。日立グループは、自治体などを対象とした防災情報システムを提供しており、情報共有 (一元管理)、各部署・地区からの情報入力、災害対策進捗 (しんちよく) 管理、教育訓練、観測情報取得・集約、情報に基づく初動判断および関係部署への配信などの多彩な

機能を実装することができる。

このシステムが提供する気象情報や河川水位の情報を用いれば、原水濁度上昇を予測して対応することができる。また、被災した場合であっても、災害情報を共有することで、他の関連部署や住民と連携した迅速な応急給水や復旧ができるしなやかな水道が実現するものと考える。

## 4.2 導入事例

大規模地震や豪雨など、多数の災害対応を経験している新潟県長岡市において、防災本部情報システムの運用を2012年4月に開始した(図5参照)。このシステムは、危機管理防災本部、防災関係課(道路管理課、河川港湾課、下水道課など)および支所など全庁的に配備されたもので、災害対応時の迅速な情報収集、情報共有による意思決定支援に加え、平常時の教育訓練を目的としている。携帯電話やスマートフォン、手書きによる簡易な情報入力、地図や進捗管理機能を用いた情報共有、雨量・河川水位情報取得、河川事務所発信のカメラ映像などによる状況把握など、災害初動対応に特化したシンプルな機能を特長としている。

地域の安全・安心に対する意識が高まっている中、行政から公開される災害関連情報もますます増加している。今後、多様なメディアによる住民への情報一元配信の強化に加え、これらの情報を活用した平常時からの新たなサービス・機能の提供も図り、防災・減災に貢献していく。



図5 長岡市防災本部情報システムの構成

さまざまな災害関連情報をシステムに収集して一元管理することで、迅速な意思決定や市民への情報提供が可能となる。

## 5. おわりに

ここでは、日立グループが提供するICTのうち、新水道ビジョンの理想像の実現や、安全・安心に関わるリスク軽減に貢献するシステムとして、浄水向け薬品注入制御システム、水安全管理システム、および防災情報システムについて述べた。

これらの技術は、上水道の安全・安心を日常的に維持するだけでなく、震災や豪雨などの緊急時における迅速な業務遂行や復旧の一助になると考える。今後も50年から100年後も見据えた強靱な水道の具現化に向け、技術開発とソリューション提案を継続していく。

### 参考文献など

- 1) 厚生労働省健康局水道課：「新水道ビジョン」について(2013.3), <http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/newvision/index.html>
- 2) 三宮、外：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「EICA」, Vol. 17, No. 2/3, p. 143 (2012)
- 3) WHO: Guidelines for drinking-water quality, fourth edition (2011) [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/2011/dwq\\_guidelines/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/)
- 4) 厚生労働省健康局水道課：水安全計画策定ガイドライン(2008), <http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/hourei/jimuren/dl/080530-5.pdf>

### 執筆者紹介



#### 横井 浩人

1995年日立製作所入社、日立研究所 材料研究センタ エネルギー材料研究部 所属  
現在、上下水道向け水処理・制御技術の研究開発に従事  
技術士(上下水道部門)  
環境システム計測制御学会会員



#### 三宮 豊

2006年日立製作所入社、日立研究所 材料研究センタ エネルギー材料研究部 所属  
現在、浄水処理制御システムの研究開発に従事  
環境システム計測制御学会会員



#### 柳生 悦穂

日立製作所 インフラシステム社 社会システム本部 電機システム統括部 所属  
現在、上下水道システムの事業推進に従事  
環境システム計測制御学会会員



#### 寺谷 匡生

1996年日立製作所入社、社会イノベーション・プロジェクト本部ソリューション推進本部 公共・社会システム本部 公共システム部 所属  
現在、防災関連ソリューションの企画・拡販に従事