「GENESEED service」水管理サービスの基幹技術

特集

上野　健郎（うえの　たけお）　桐野　秀明（きりの　ひであき）　秋山　浩秀（あきやま　ひろひで）

1　まえがき

2002年4月に施行された改正水道法により，水道施設における技術的業務の第三者委託が法制化された。これを機に，従来は事業体の職員により実施してきた水道施設の運転維持管理を民間に委託する動きが活発になってきており，新たな拡大市場を形成しつつある。従来から下水道施設は民間委託による運転維持管理が広く行われていたが，下水道普及率の向上とともに市場の拡大が鈍化しており，上水道における新市場拡大に業界での期待感が高まっている。外資系も含めた新規参入企業の増加に伴い，競争激化による価格の下落も一部では発生しているが，高い業務品質と，コストとのバランスがこの事業の課題である。

一方，上下水道の民間委託は公営事業の一翼を担うもので，単なる労働力の提供にとどまらず，事業責任を負うべきものであると考えられる。したがって，民間委託といえども，経営的視点に立ち，お客様である住民の皆様に満足していただけるサービスの提供を目指した業務遂行が求められる。富士電機では，「GENESEED」の基本コンセプトであるライフサイクルサポートの一環として「GENESEED service」水管理サービスをビジネス展開している。これは，従来の電機メーカーとしての事業領域，運転維持管理事業の領域，管理用情報処理事業の領域などを包含したうえで，公設民営などの経営領域にも踏み込んだ広い意味での水道事業ソリューションの提供を目指している。

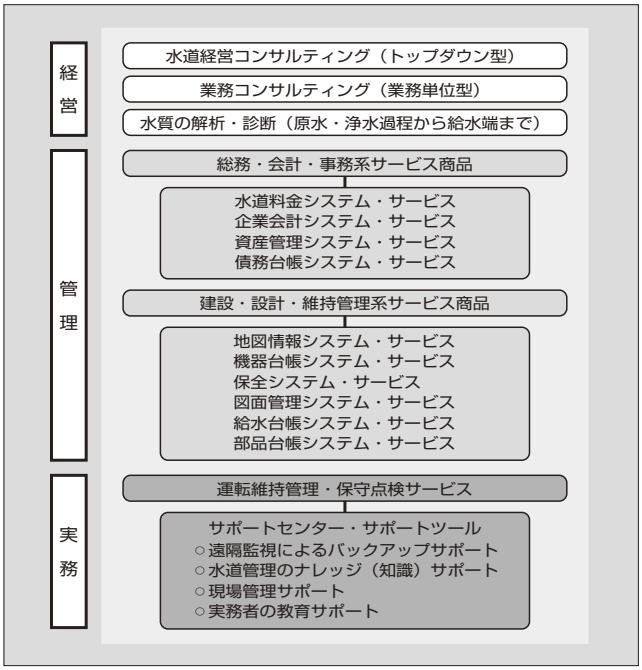
本稿では，富士電機における水管理サービスの取組み姿勢，基幹となる技術の考え方，サービス商品群，ツールなどについて述べ，併せて将来へ向けた展望を紹介する。

2　水管理サービスの概要

富士電機では，**図1**のような水管理サービス商品群を用意している。これらは，相互に関連しあってPDCAのサイクルを形成し，有機的に機能するように組み立てられている。

ソリューション提案にあたっては事業体ごとに公表されている経営データや，納入実績に基づく設備の情報などを基に事業分析を実施している。分析においては，事業年報に記載されたデータにより，経年トレンドを把握し，今後必要とされる設備投資などを考慮しながら，料金を改定せずに運営していくための方策などの提言が可能である。事業体ごとの経営状況，設備投資などの必要性，料金や企業債の借入など，個々の事情により財政的に改善すべき着目点は異なる。その中で改善可能なアイテムを抽出し，富士電機の持つサービスソリューションメニューの適用提案を行っている。

図1　水管理サービスメニュー



3　基盤となる技術概念

3.1　基本的な考え方

水道設備において電気を用いないで動作している機器は皆無といってもよい。動力として，また，制御や通信，

上野　健郎

上下水道用電気設備の設計業務，水道事業ソリューションの企画業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社第四営業本部営業支援室ライフサイクル事業推進部長。

桐野　秀明

水道用電気設備の設計業務，水道事業ソリューションの企画業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社第四営業本部営業支援室ライフサイクル事業推進部マネージャー。

秋山　浩秀

水道用電気設備の設計業務，水道事業ソリューションの企画業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社第四営業本部営業支援室ライフサイクル事業推進部。

データ分析まですべての面で電機メーカーとしての富士電機はかかわりを持っている。そのような強みの中で，省エネルギー，水運用制御，水質管理，無人化，遠方監視，IT 化による作業効率化・作業品質向上などで貢献できる。中でもメーカーとして ISO9001 の取得により経験豊富な，PDCA による品質管理手法を運転維持管理現場にも適用している。本手法では，業務手順を明確にしてマニュアル化し，それに基づく作業結果を判断根拠やプロセスデータなどのバックデータとともに電子データ化して記録する。これらのデータを分析することにより，改善すべき点や効率化アイテム，品質向上策などを抽出し，マニュアルへの反映を行う。このサイクルを繰り返すことにより，作業手順・手法の確実な定着と品質保証が可能となる。さらに，これらの蓄積された電子データは，委託元である水道事業体の説明責任のための元データともなり，住民サービス向上の一環とすることも可能である。

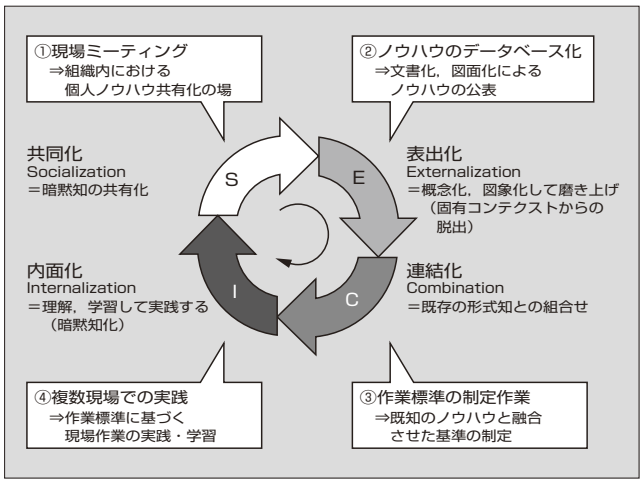
3.2　現場における知識創造技術

水管理サービスの基本は，現場業務のアウトソーシングである。これは，「人」が行う作業の積み重ねであり，一般的に，業務ノウハウは先輩から後輩へ OJT により受け継がれていくものである。この場合，ノウハウは個人に蓄積され，組織的なスキルアップは行われない。

一方，知識創造における SECI モデル（460 ページの「解説」参照）では，**図 2** に示すようなサイクルを回すことにより，組織として学習が進み，ノウハウは組織のものとなり知識創造へと発展する。富士電機では，水管理サービスにおけるノウハウ取得・知識創造にこの考え方を導入し，組織的なナレッジ定着化を図ると同時に，そこから業務支援ツールの開発を実施している。

ナレッジの取得には，各現場組織で管理者により「場」の提供を行い，その中での「なぜ」に始まる議論を仕掛け，暗黙知の共有化を実施する。これらは，電子メモとして，ファイリングされるとともに，ナレッジデータベースの基礎データとして公開される。収集された基礎データ・資料・報告書類はデータマイニングやテキストマイニングのツールを併用しながら解析評価し，新たな知識創造・掘り起こしを図っている。

図 2　水管理サービスにおける SECI モデル



3.3　ナレッジデータベースシステム

各現場ならびに本部で収集されたデータや資料は，ナレッジデータベースとして公開される。各現場では，公開されたものをヒントに知識創造プロセスを働かせる。運転維持管理などを新規に受託した場合の初期段階では，対象となる業務のコンテクスト（背景情報）が不足するため判断を誤る危険性をはらんでいる。

一般的に，委託開始時にすべての業務についてのマニュアル，作業手順などが規定されていることはまれである。したがって，新規受託者は，2 か月程度の間に，引継ぎ期間を設けて事業体職員（または前任受託者）から業務を引き継ぐための教育・訓練を実施する。この際に最も重要なことは，受け継いだノウハウや手順を短時間に従事者全員に定着させることである。

通常，前任者は暗黙知として膨大な量のノウハウを保有している。これを，新規受託者はコンテクストを含めて受け継ぐ必要がある。24 時間シフト勤務体制の中で，短時間に情報を共有し，新たな知恵で効率化するために，本データベースは有効である。そして，当初からこの方式での経験を積んだ現場は，その後の知識創造プロセスが有効に働くと確信する。

4　システムの概要

各現場でのノウハウから得られたシステムを紹介する。

4.1　点検支援システム

維持管理業務を遂行するうえで第一に重要なことは，水道施設を常に安定稼動させることである。そのためには，日々行う巡視点検における異状の早期発見や設備の調整・保守作業がきわめて重要となっている。しかしながら，点検者の経験や技術力の差により判断にばらつきが発生し，異状を見逃してしまう場合もある。さらに，場外施設点検の場合にはその移動時間が無視できない（富士電機での統計では巡視業務時間中の約 60％を占める）。以上のことを解決し，富士電機の点検品質を保証するとともに，点検および保守作業の効率化を実現するために，可能な限り現場完結で作業を完了させることが重要であると考えた。そこで，誰でも同じレベルの点検が行えることを目標に，**図 3** に示す点検支援システムを作製し，点検者の経験の浅い部分を補いかつ支援ツールを用意することで，次の目的を達成している。

(1)　点検品質の維持・向上

点検項目の漏れ防止，判断のばらつき防止，管理者との迅速な情報共有

(2)　報告業務の効率化

点検データの日誌への反映および自動蓄積

(3)　統計解析

点検データの傾向分析による予防保全の実施，修繕・更新提案の実施

(4)　作業効率の向上

申し送り事項（残件）の引継ぎ

(5)　諸計算機能の搭載

現場作業に役立つ計算機能（次亜塩素酸ナトリウム注入量，排水量，管内体積，水到達時間など）の搭載

本システムは，現在，松本市上下水道局向け運転維持管理業務にて活用されている。

4.2　危機管理シミュレーションシステム

水道事業においては事前に想定される断水などの事故に対してあらかじめ具体的な対応策などを定め，その被害を最小限にとどめるとともに，事故発生時に迅速かつ適切な復旧活動を行う責務がある。災害時など，水の供給に支障をきたす事象が起きた場合には，全給水区域にわたり断水や出水不良を発生させないよう，水運用を迅速かつ適切に行わなければならない。しかしながら，配水ブロック間の水の融通量や予備・休止水源の稼動順序や稼動時間の決定には多方面の流量分析が必要となり，適切な対策内容を短時間で決定することは非常に難しい。そこで，**図 4** に示す危機管理シミュレーションシステムを構築し，断水事故への対応を検証することや，さらに事故が発生した際にどのように水運用を行うかの判断材料に利用するデータを提供している。

表 1 に緊急対策内容と本システムが提供するデータ例を示す。この例では，事故の影響規模に応じて 3 段階の緊急対策を規定している。おのおのの段階で本システムにより算出されたデータを判断材料にして，対策本部は，その後の対策内容・手順（例えば，緊急稼動施設稼動順序，人員配置など）を検討できるようになっている。

4.3　残塩シミュレーションシステム

水道事業において「安全でおいしい水」を提供するうえで最も重要な要素の一つとして，給水末端における残留塩素濃度管理がある。残留塩素濃度は，安全の指標である水道法上の 0.1 mg/L 以上を確保するとともに，おいしい水の目安となる 0.4 mg/L 以下に管理することが望ましい。そこで，給水末端の残留塩素濃度を予測し，追塩する末

図 3　点検支援システム

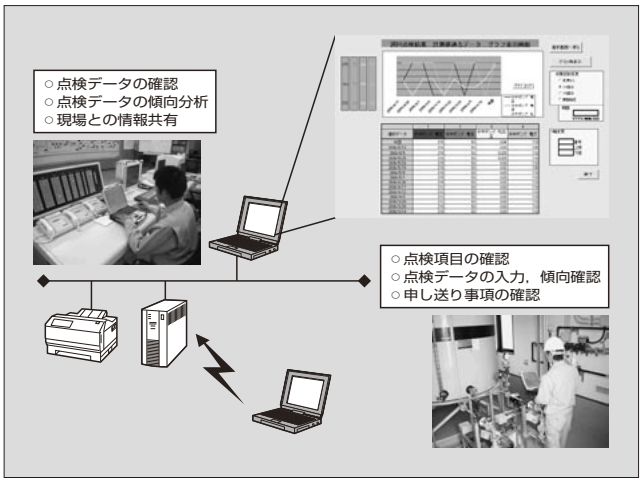


図 4　危機管理シミュレーションシステム

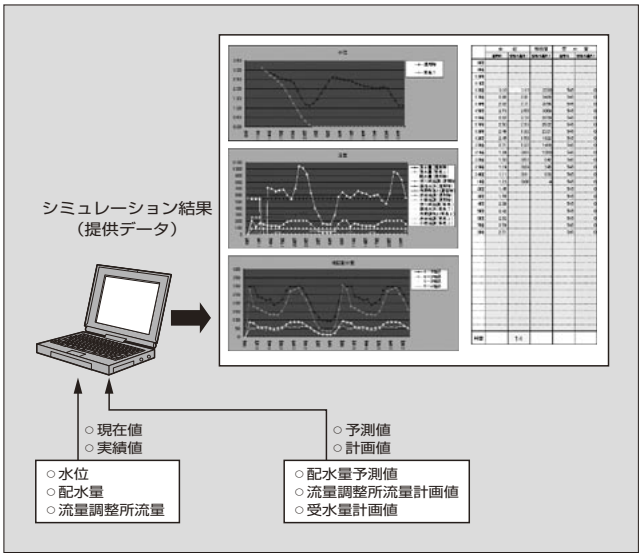


表 1　危機管理シミュレーションシステムのアウトプット

緊急時の対策内容			システムの提供するデータ
	定　義	対　策	
初動対応	―	―	○受水配水池水位変動予測値 ○配水量予測値 ○受水配水池配水可能時間
緊急水運用Ⅰ	用水供給側に減断水が予測される場合でも，復旧時間が配水可能時間内であることが確実な場合	①流量調整所などの流量を0（または最小限）とし，受水配水池系の配水区を縮小して受水配水池の水量を確保し，配水可能時間の最大化を図る。 ②①で縮小した水量は，稼動自己水源の運転時間など，配水ポンプ並列運転により確保し，自己水源配水区を拡大する。	○受水配水池水位変動予測値 ○配水量予測値 ○受水配水池配水可能時間 ○受水配水池県水再配分量 ○流量調整所調整流量
緊急水運用Ⅱ	用水供給側が断水に至らずとも40％程度までの減水による連続送水が可能な場合	①受水可能な県水を各受水配水池に再配分する。 ②配水系統・配水区の変更を行い，自己水源による配水区域を拡大する。 ③不足する配水量は，緊急水運用Ⅰと同様に稼動自己水源で補う。	○同上
緊急水運用Ⅲ	用水供給側の減水が40％を超え，または断水が配水可能時間を超えると判断される場合	①緊急水運用Ⅱに加え，予備水源，予備加圧の運転により不足水量を補う。 ②配水系統・配水区の変更を行う。 ③応援要請	○同上 ○緊急予備加圧所稼動時間 ○休止水源稼動時間

端配水池の目標残留塩素濃度を算出する「残塩シミュレーションシステム」を開発した。

残塩シミュレーションシステムは，「給水水質モニタ」で測定した給水末端の残留塩素濃度データをもとに，水温，流達時間と残留塩素減少速度係数の関係をあらかじめデータベース化し，その値を用いて「後藤式」〔式(1)〕により給水末端の残留塩素濃度の予測と，末端配水池の必要残留塩素濃度を算出するものである。残留塩素減少速度係数は水温区分ごとに求めておき流達時間との関係をデータベース化することで，管の材質などの詳細なパラメータ入力を必要としない実用的なシミュレーションシステムである。

$$C_t = C_0 \times e^{(-k\Delta t)} \quad \cdots\cdots (1)$$

C_t：給水末端残留塩素濃度

C_0：末端配水池目標残留塩素濃度

k：残留塩素減少速度係数

Δt：流達時間

残塩シミュレーションシステムを利用することで，配水管網全体にわたっての給水末端の残留塩素濃度をきめ細かく 0.1 ～ 0.4 mg/L に管理することができる。さらに残留塩素濃度管理が難しい遠隔地・山岳地域において次亜塩素酸ナトリウム発生装置などを用いて追塩する場合でも，残塩シミュレーションシステムで算出した値を目標値として自動追塩することで残留塩素濃度を適正に管理できる。

4.4　ろ過池管理の高度化システム

安全性を損なわずに従来よりも低コストで浄水場プラントの運転を行うために，凝集沈殿ろ過の管理に着目したシステムを開発した。ろ過水濁度 0.1 度以下とするクリプトスポリジウム暫定対策指針以来，浄水場では凝集剤の注入量が増加する傾向にある。しかし，凝集剤注入量の増加は発生土の処理費用の増加につながり，薬品費増加とともに，浄水コストを悪化させる要因となっている。さらに，浄水アルミニウム濃度（2004 年 4 月 1 日水質基準化 0.2 mg/L 以下）に影響を与える可能性も指摘されている。

ろ過池管理の高度化システムは，凝集状況を見極める指標である STR（Suction Time Ratio）と沈殿処理水濁度と

図 5　STR 測定装置

を監視しながら，混和池・フロック形成池のかくはん条件（かくはん強度・かくはん時間）を適正化することで，必要十分な凝集剤注入を行おうというものである。STR は次式で表され，ろ過池の損失水頭や凝集剤残留量（沈殿処理水に残ったフロック）と相関がある。

$$\mathrm{STR} = \frac{\text{沈殿処理水　500 mLの吸引ろ過時間}}{\text{蒸留水　500 mLの吸引ろ過時間}} \quad \cdots\cdots\cdots (2)$$

この STR をジャーテストだけではなく，凝集剤注入率を決定する評価指標として採用している。さらにろ過水の安全性を保障するために，クリプトスポリジウム相当径粒子のモニタリングを行い，ろ過池を管理するシステムである。STR 測定装置を**図 5** に示す。

4.5　一人夜勤支援システム

水管理の 24 時間現場では，夜間は通常二人勤務であるが，法定休憩時間や仮眠時間などにおいては一人勤務となる時間帯が生ずる。この時間帯に勤務者に身体的な異常や発作などの突発事故が発生すると重大な事故へと発展しかねず，また，勤務者の安全確保の意味でもなんらかの支援システムが求められる。そこで，人感センサと CCD カメラを組み合わせた一人夜勤支援システムを構築している。このシステムは，ビルなどのセキュリティ用の赤外線人感センサにより大まかな勤務者の動きを監視し，動きがないなどの異常を検知すると CCD カメラに切り替わり詳細検知となる。詳細検知は，画像処理により，勤務者のわずかな動きを判定し，正常勤務状態にあるかどうかを判定する。異常と判定された場合は「富士電機 24 時間コールセンター」に通報され，勤務者の安全確保措置が採られる。

赤外線センサで異常が検知されない限り画像判定は行われないため，勤務者のプライバシーにも配慮されたシステムとなっている。

5　あとがき

富士電機では，GENESEED service 水管理サービスを知識創造によるアウトソーシング事業ととらえている。上下水道事業における経営改善に少しでも貢献できるよう，メーカーの製造現場で培ったノウハウを最大限生かしたサービス提供をこれからも続けていく所存である。

参考文献

(1)　野中郁次郎．知識創造企業．東洋経済新報社．1996.

(2)　筧誠ほか．水道施設の運転管理ソリューション．富士時報．vol.74, no.8, 2001, p.483–486.

(3)　上野健郎ほか．水道事業運営ソリューション．富士時報．vol.77, no.3, 2004, p.184–188.

(4)　日本水道協会．水道維持管理指針．1998.

(5)　後藤圭司．配水管網における水質変化（Ⅲ）．水道協会雑誌．no.569, 1982, p.51–64.

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。