

安全・安心・効率化を支える水環境シミュレーション

Water Environment Simulations for the Water Safety, Assurance and Efficiency

圓佛 伊智朗 Ichiro Embutsu
堂上 悠介 Yusuke Dohgami

原 直樹 Naoki Hara
植木 茂 Shigeru Ueki

武本 剛 Takeshi Takemoto

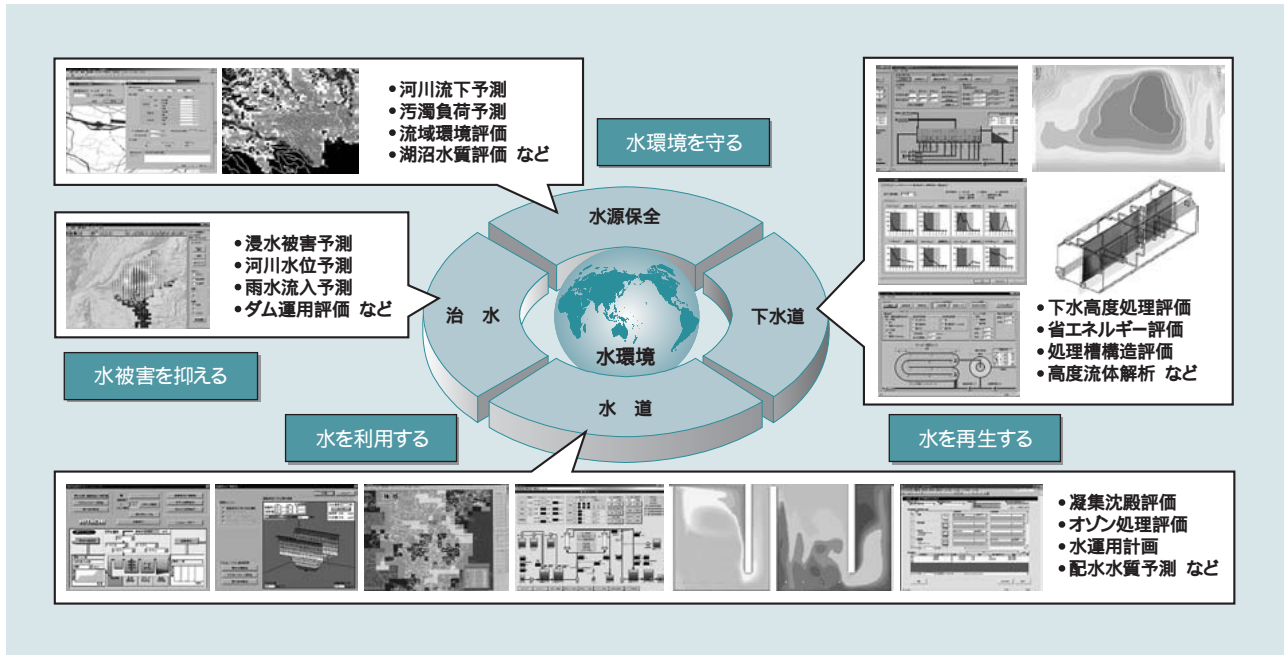


図1 水循環のあらゆるフェーズを網羅する日立グループの水環境シミュレーション

都市内での健全な水循環の実現に向けて、経済的で信頼性の高い水質・水量管理がますます重要となっている。日立グループは、継続的な研究開発で広範な水環境シミュレーション技術とシステムを提供する。

社会インフラとしての上下水道に求められる役割は、普及・整備という量の確保にとどまらず、安全・安心・効率化といった質的な向上へと移行している。水道では厚生労働省により「水道ビジョン」が策定され、水道の将来像への明確な政策目標が示された。また、下水道では国土交通省により「社会資本整備重点計画」が出され、将来事業の数値目標が掲げられた。いずれも目標に沿った、種々の施策が積極的に推進されている。

日立グループは、こうした施策に対応するため、水循環の主要な四つの領域（水源保全、水道、下水道、および治水）を網羅する水環境シミュレーション技術の開発に注力し、ニーズに即した水管理技術とシステムを提供している。これにより、「水の世紀」において重要性を増す水環境への貢献を国内外で進めていく。

1.はじめに

わが国の水道と下水道は、高い水質と水量の維持、運営の安定性などにおいて、世界でも最高水準の事業が実現されている国の一つである。関連省庁や事業体は、今後増加する施設の更新、国民からの要求レベルの上昇、若年技術者の減少など、水環境を取り巻く状況の変化に対応して、将来に向けた施策を推進し、水準維持を図ろうとしている。

このような動向を受けて、日立グループは、水道、下水道も含めた水環境の新たなニーズに即した技術とシステムの開発に注力し、国内ユーザーはもとより、海外貢献も視野に入れたソリューション提供を進めようとしている。

ここでは、これらを下支える水環境シミュレーション技術について述べる（図1参照）。

2.水環境に向けたシミュレーション技術への取り組み

2.1 水環境を取り巻く動向

わが国の水環境のあるべき将来像について、すべての関係者が共通目標を持って取り組める計画として、厚生労働省

「水道ビジョン」、国土交通省「下水道ビジョン2100」が公表された。これらのビジョンには、今後の重点的な政策目標とその課題のための施策、工程が明示されている。

また、各事業者などでも、ビジョンに沿った具体的な長期計画を策定し、水環境とのかかわり先考慮した実効ある施策が検討されている。こうした新たな施策がめざす共通のキーワードは、安全、安心、および効率化の三つであると認識している。

2.2 日立グループの水環境シミュレーション技術

水環境に関するフィールドは、日立グループが従来から開発に注力してきた分野であり、水循環の四つの領域、すなわち、水源保全、水道、下水道、治水を網羅する広範なソリューションを提供するため、これらにかかわる現象を模擬して評価・予測する計算機シミュレーション技術を開発している（図2参照）。これまでに、水処理プロセス監視制御を高度化するために現象に深く踏み込んだシミュレーションや、広範な給水エリアでの水運用を最適化するためのシミュレーションなどを製品に直接的、間接的に反映してきた。

こうしたエンジニアリングツールとしてのシミュレーション技術に加えて、今後は安全、安心、効率化に直結し、ユーザーも利用できるシミュレータ、情報システム製品の開発に注力する。今日的な課題である危機管理や省エネルギーに対応するシミュレーション技術について次に述べる。

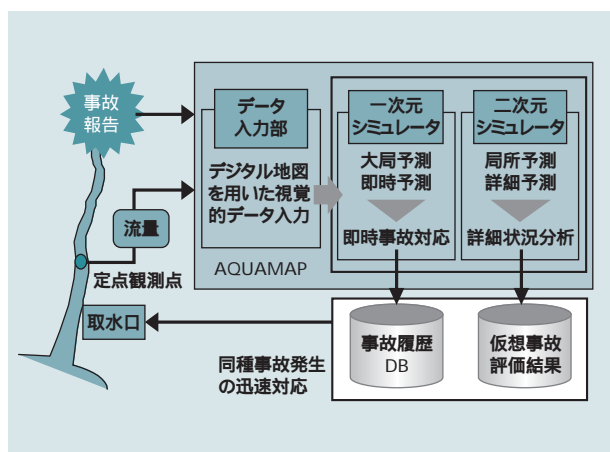
3. 水質管理を高度化するシミュレーション技術

3.1 流域評価シミュレーションによる危機管理

水道事業における今日的な課題である「危機管理」として、

水循環での位置づけ	対応するシミュレーション技術
水環境を守る 水源保全	<ul style="list-style-type: none"> 河川流下シミュレーション 流域汚濁負荷予測シミュレーション 湖沼水質シミュレーション 流域環境シミュレーション など
水を利用する 水道	<ul style="list-style-type: none"> 配水計画/制御シミュレーション（水運用、配水コントロール） 浄水処理プロセスシミュレーション（凝集、膜ろ過） 配水管網水質シミュレーション など
水を再生する 下水道	<ul style="list-style-type: none"> 下水高度処理シミュレーション（窒素・リン除去） 生物処理槽流動シミュレーション 環境負荷シミュレーション など
水被害を抑える 治水	<ul style="list-style-type: none"> 雨水/下水ポンプ機場運用シミュレーション（流入、水位） 浸水予測シミュレーション ダム運用シミュレーション など

図2 主な水環境ソリューション技術
日立グループは、水循環の四つの領域にソリューションを提供するため、それぞれに対応するシミュレーション技術をラインアップしている。



注：略語説明 AQUAMAR（日立上下水道管路図面情報システム）、DB（Database）

図3 河川流下シミュレーションによる水源水質事故対応の概略

汚染物質流入などの水源事故に対して、到達時の濃度と時刻を推定し、地図上に結果を表示する。これにより、現場での対策措置の要否や取水停止などの判断を効果的に支援できる。

水源水質事故への対応は重要項目の一つである。日立製作所では、マッピングシステムをベースとした河川流下シミュレータを開発し、水質事故時の影響を定量的に予測するシステムを提供している。一次元での即時計算と、二次元での詳細分析機能の組み合わせが特徴である。この予測結果に基づいて、ユーザーは適切な事故対策や想定事故への事前評価を行うことができる（図3参照）。

このほか、流域評価に関連するシミュレーションとして、流域汚濁負荷評価による長期河川水質予測技術や、雨水ポンプ機場の運転状況を考慮できる浸水予測技術なども開発しており、危機管理に対応できる技術のラインアップ拡大を図っている。

3.2 水質シミュレーションによるプロセス運転制御

浄水プロセス向けには、オゾン高度処理の水質モデルのほか、発ガン性が懸念される消毒副生成物（トリハロメタン）の生成予測モデルなどを開発し、安全で安心して飲める水道水供給に向けたシミュレーション技術を開発してきた。また、下水処理プロセス向けには、窒素、リンを効果的に除去する高度処理プロセスに対して独自の活性汚泥モデルを開発し、流入水質変動などに対して適正な運転条件を探索できるシミュレータを開発し、製品展開している。

近年、上下水道の新プロセスとして膜ろ過処理が注目されている。これについて、日立製作所では、膜ろ過にかかわる現象を詳細にモデル化し、目詰まりを抑制する前処理/ろ過条件を評価するシミュレータを開発中である（図4参照）。これにより、効率のよい運転制御を実現し、上下水道事業の効率を表す尺度として重要性を増すPI（Performance Indicator:業務指標）の向上にも寄与していく。

こうした水質シミュレーションのほか、膜分離活性汚泥法や

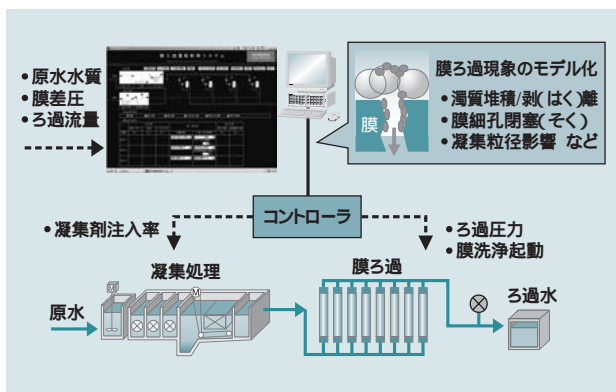


図4 膜ろ過シミュレーションによる浄水処理制御
病原微生物などを確実に除去するろ過膜の目詰まりや、ろ過圧力を予測するモデルを開発した。この膜ろ過モデルシミュレーションにより、適切な条件での浄水処理を可能とする。

微細気泡(マイクロバブル)を用いた下水再生処理法の装置構造を検討できる流動解析シミュレーション技術などの開発も進め、適用を検討中である。

3.3 環境負荷シミュレーションによる省エネルギー

環境負荷低減は、水道、下水道事業に共通する課題であり、省エネルギーを実現する設備の導入や運用改善などの取り組みがなされている。適切な施策の遂行にあたっては、水処理施設の運用にかかわる環境負荷(CO₂排出量、廃棄物発生量、放流水による汚濁負荷など)を正確に把握することが前提となる。日立製作所では、こうした環境負荷を定量的に算定可能な評価シミュレーション技術を開発している。

下水処理にかかわる環境負荷は、水処理系と污泥処理系に大別される。水処理と污泥処理は相互に関連しており、両者を連成した評価が必要である。開発方式では、下水水質シミュレータを導入することで、水処理系からの污泥発生量や污泥処理系からの返流水の影響などを評価し、処理水質を

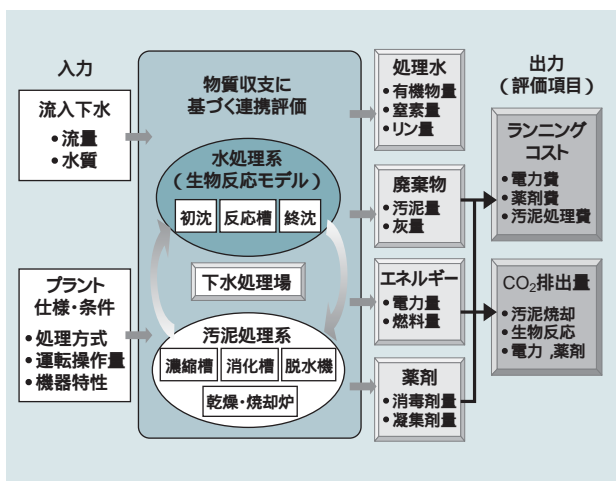


図5 下水処理プロセスシミュレーションによる省エネルギー評価
下水処理プロセス(水処理系、污泥処理系)のシミュレーションにより、処理水質や環境負荷を評価することができ、省エネルギーと水質維持が可能な運転条件を探索することができる。

維持しながら省エネルギー、環境負荷低減に有利な運転条件を探索できることが特徴である(図5参照)。

同様に、前述した各種水質シミュレーション技術は、処理水質の安定だけでなく、エネルギー的に有利な操作条件での運転制御にも適用することができる。今後、いっそうの適用拡大を図り、製品展開していく。

4. 水運用を高度化するシミュレーション技術

市町村合併による広域化や環境負荷低減を指向した事業運営により、大規模水系についての効率化や水運用での省エネルギーを実現する水運用計画技術の重要性が増している。

日立製作所では、中小規模水系はもとより、大規模水系についても計画立案オペレータの詳細な要求を満足する水運用計画技術と、省電力化のための多目的調整型水運用計画技術を開発している。

4.1 最適化シミュレーションによる水運用計画支援

水運用の役割は、河川から取水した原水を浄水場で浄化し、配水池や配水管網を經由して、需要者へ配送することである。監視制御を容易にし、バルブやポンプの消耗を防ぐために、需要量の変動を配水池の所定の貯水量内に吸収することで、バルブやポンプの流量の変化を抑える必要がある。

水運用計画の立案は、対象とする水系の規模が大きくなるほど管路数や配水池数が増加して接続関係も複雑になり、流量や切り替え時刻の指定といった計画立案オペレータの細かい要望を反映する設定操作が増え、バルブやポンプに対する流量の平滑化も難しくなる。

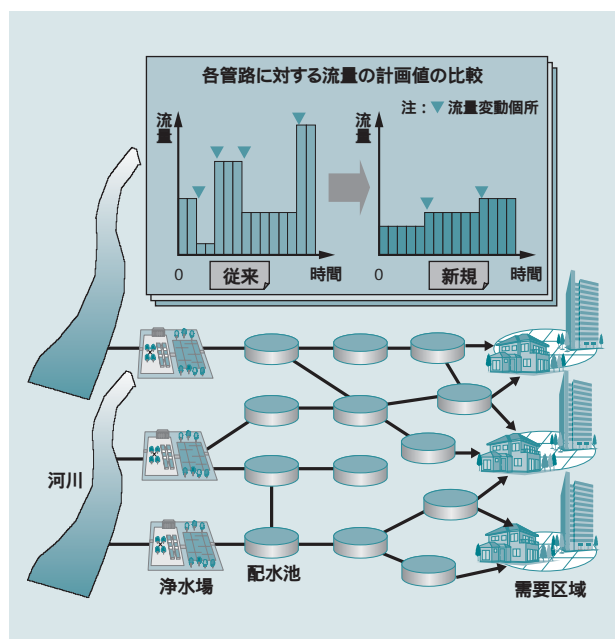


図6 最適化による水運用計画の策定例
最適化シミュレーションにより、運用条件を満足しながら、流量の変動個所数と変動量を抑えた計画値の作成が水系全体で可能となる。

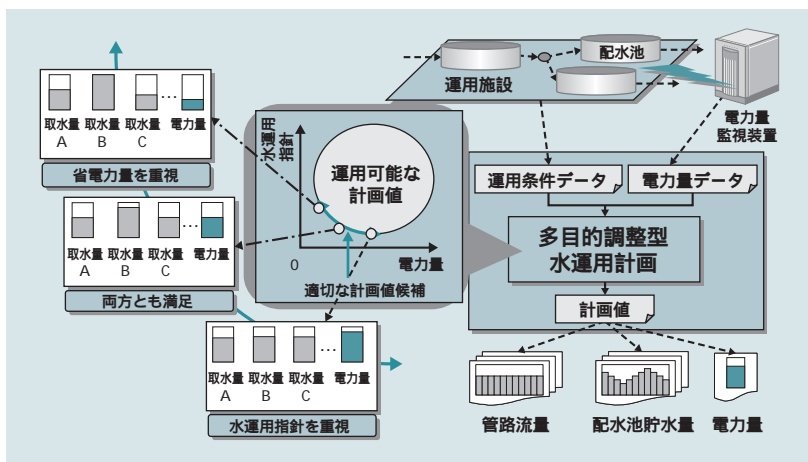


図7 多目的調整型水運用計画の概要

運用可能な計画値のうち、目的とした水運用指針と電力量の双方にとって適切な候補を対話的に探索し、計画値を設定することができる。

水運用指針を順守する目的と電力量を削減する目的はトレードオフの関係になることが多いためである。十分な計画値を得るには、計画立案オペレータが両方の目的間の調整を繰り返さなければならない。

多目的調整型水運用計画技術では、水運用計画の目的が複数あり、トレードオフの関係にある場合には、適切な計画値候補を連続的に変更しながら最も好ましい計画値を決定する。省電力化を水運用計画の目的に追加しても、最小限の調整で、電力量と水運用指針を同時に満足する計画立案が可能となる(図7参照)。

大規模水系向け水運用計画技術では、計画立案オペレータのさまざまな要望を取り込める手法を組み込み、水系全体の一括最適化計算を行い、設定操作をできるかぎり自動化しながらも、バルブやポンプに対する流量の平滑化を向上させた(図6参照)。

4.2 多目的調整型シミュレーションによる省エネルギー水運用

地球温暖化対策への貢献として、CO₂排出量につなげるために、水運用で消費する電力量を削減する水運用計画技術が重要である。

ポンプの有無やポンプ性能によって管路ごとで消費される電力量が異なる点に着目して水融通を行うと、水系全体で消費する電力量を減らすことができる。しかし、電力量の削減だけを考えて水融通すると、従来の水運用指針を守りにくい。

5. おわりに

ここでは、日立グループの水環境シミュレーション技術について述べた。

水環境を取り巻く状況は変わりつつあるものの、その重要性は不変である。日立グループは、水道、下水道の安全、安心、効率化にかかわる新たなニーズに即した水管理技術とシステムの開発を進めている。今後も、さらなる技術開発に注力し、シミュレーション技術を通じた水環境への貢献を進めていく。

参考文献

- 1) 圓佛, 外: 公共施設における河川シミュレーション技術の活用検討, 電気学会公共施設研究会資料(2007.6)
- 2) 陰山, 外: 膜ろ過の前処理における凝集剤注入制御方式に関する基礎検討, 第57回全国水道研究発表会講演集(2006.5)
- 3) 堂上, 外: 環境負荷を考慮する水運用計画支援システムの提案, 第18回EICA研究発表会講演集(2006.10)

執筆者紹介



圓佛 伊智朗

1988年日立製作所入社, 電力グループ 電力・電機開発研究所 公共・産業プロジェクト 所属
現在, 上下水道システムの研究開発に従事
日本水環境学会会員, 電気学会会員



植木 茂

1986年日立製作所入社, 電機グループ 社会・産業システム事業部 社会制御システム本部 電機システム統括部 所属
現在, 上下水道システムのエンジニアリング業務に従事
環境システム計測制御学会会員



堂上 悠介

2003年日立製作所入社, システム開発研究所 第5部 所属
現在, 上下水道システムの研究開発に従事



武本 剛

1995年日立製作所入社, 電力グループ 電力・電機開発研究所 公共・産業プロジェクト 所属
現在, 上下水道システムの研究開発に従事
技術士(上下水道部門)
化学工学会会員, 環境システム計測制御学会会員



原 直樹

1984年日立製作所入社, 情報・通信グループ 情報制御システム事業部 社会制御システム設計部 所属
現在, 上下水道システムの開発・設計に従事
環境システム計測制御学会会員