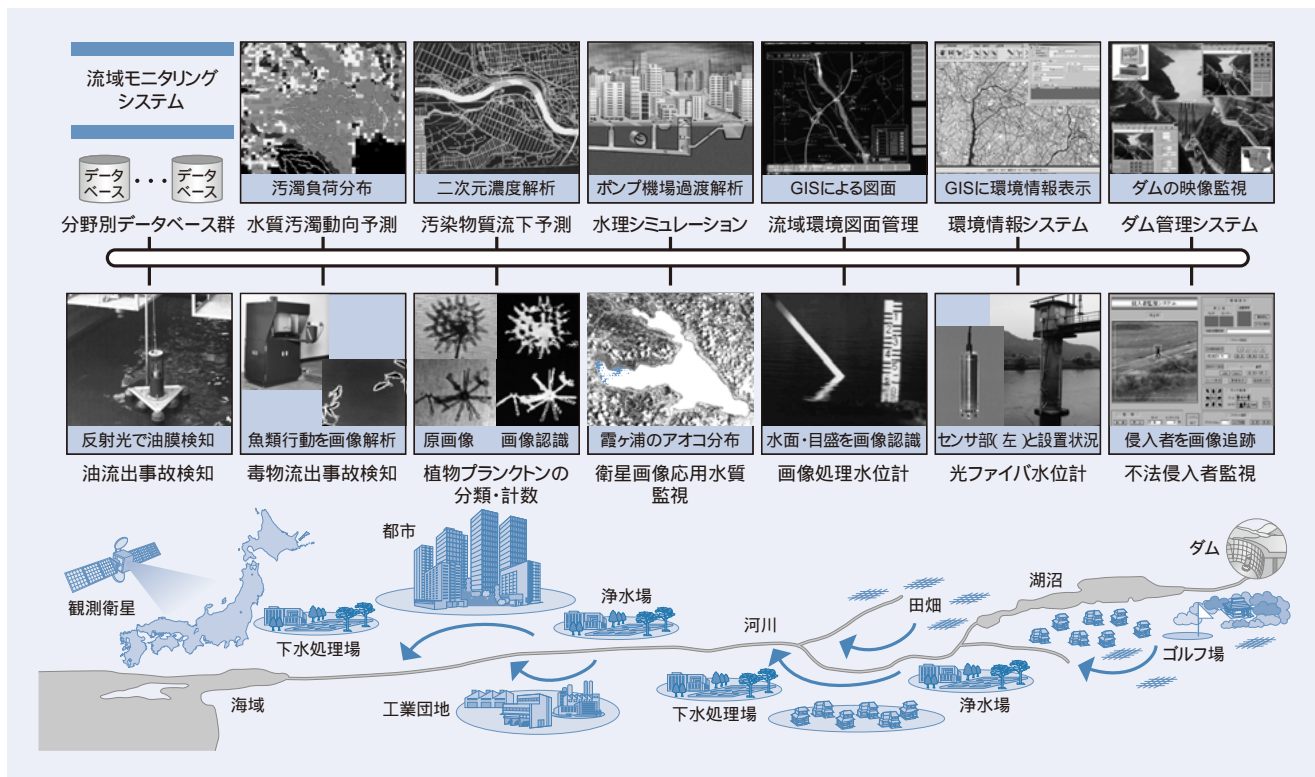


流域管理のためのモニタリングソリューション

Monitoring Solutions for Watershed Management

依田 幹雄 Mikio Yoda 三井 芳郎 Yoshirō Mitsui 佐藤 知典 Tomonori Satō
 小林 毅 Takeshi Kobayashi 陰山 晃治 Kōji Kageyama



注：略号説明 GIS(Geographic Information System ; 地理情報システム)

日立グループの流域モニタリングソリューションの概要

日立グループは、河川、ダム、水道、下水道など水環境の分野で、計測・監視、シミュレーション、情報管理などモニタリングのための幅広いシステムと技術を提供している。

われわれの社会生活は、流域を単位とする水循環によって支えられている。わが国では、これまでの社会活動が自然の水循環系を大きく変えてしまった反省から、健全な水循環と経済的で効率的な水の運用を目指した流域管理の時代を迎えようとしている。

このような流域管理の動向を見据え、日立グループは、河川、ダム、水道、下水道などの水環境の分野で、水質の計測・監視や水位計測の装置・システム、各種シミュレーション技術、ますます必要性が高まっていく環境情報管理システムなどを提供している。

1 はじめに

21世紀は「水の世紀」と言われ、世界規模での水不足が懸念されている。一方、わが国では、環境問題のクローズアップと水資源開発のための経済性の問題などから、流域レベルで効率よく水の量と質を管理する「流域管理」という新しい手法が注目されている。1996年3月の河川審議会の答申「今後の河川環境のあり方について」以降、1998年には、水に関係する省庁による「健全な水環境系構築に関する省庁連絡会議」

が設置され、治水、利水、環境などの連携により、俯瞰(ふかん)的、かつ総合的な検討が進められている。今後、流域管理が進むと、流域の定点計測、面的補完や将来予測のための技術、さらに情報管理の必要性がますます高まってくると予想される。

ここでは、このような流域管理の動向を見据えて、日立グループが提供している水量、水質の計測・監視、シミュレーション、情報管理などの技術と、流域モニタリングへのこれらの適用について述べる。

2 流域管理の動向

わが国で「流域管理」や「流域マネジメント」といったことばが使われ始めたのは、1997年ころからである。米国では、1970年代に水資源開発としての大型ダムが開発がほぼ終了し、開発から水資源のマネジメントへと移行する。この背景には、環境問題のクローズアップと経済性の悪化がある。その後、約20年間の模索を経て、1994年にUSEPA(米国環境保護庁)は、流域管理の必要性を強調し、翌年にその定義を公開している。

米国での流域管理は、すべての利害関係者の合意による意思決定と、これによる非点源汚染対策、経済的便益の増加という概念に基づいている。

わが国でも、環境問題のクローズアップと経済性の悪化を背景に、米国モデルを参考にしつつ、流域管理に関する検討が進められている。1996年3月の河川審議会の答申「今後の河川環境のあり方について」では、「水循環系の変化によって生じる各種の問題について、水系一貫の広域的視点からとらえ、総合的・長期的に取り組むことが必要である」としている。この翌年には、河川審議会に水循環小委員会が設置され、健全な水循環系を確保するための検討が開始された。現在、関係省庁の連携による総合的な施策が模索される一方、国土交通省や県を運営母体とする、多くの水系単位の流域委員会や審議会が発足し、各種の活動を開始している。

3 流域管理のためのモニタリング技術

現在、流域での定常的なモニタリングは、国と地方自治体の環境・河川の各行政部局や、水道、下水道などの事業体によって行われている。得られた結果は、それぞれの行政目的によって整理、利用されるとともに、定期的に公表されている。今後、流域管理に移行しようとする、リスクマネジメントも含めた対策のための、複数の事業代替案を巡って、定量化議論が活発になるものと思われる。このようなことから、流域のモニタリングはいっそう重要性を増し、計測項目や計測点などが増加して、データの利用率も高まってくると予想される。

流域管理のためのモニタリングでは、定常時だけでなく、突発水質汚染事故時でも考慮した水質と、水位をはじめとする水量の計測技術、これらを補完するシミュレーション技術、さらに、映像を含む環境情報管理技術などが必要とされる。

日立グループは、これまで、河川やダム、水道、下水道などの各分野で、時代のニーズを先取りしつつ、最新のシーズで多くの技術・システムを開発してきた¹⁾。これらの分野ごとに開発した技術・システムは、今後の流域管理のためのモニタリング基本技術として期待されている。

3.1 流域の水質監視技術

流域での定常的な水質計測では、採水による定期計測や、自動計測装置による連続計測が行われている。また、水道事業体は、取水地点での水質を監視している。一方、突発的な水質汚染事故の監視は、河川行政部局はもちろんのこと、利水者である水道事業体によっても監視されている。事故情報は、河川行政部局から都道府県の環境行政部局を経て水道事業体などに通報されるほか、流域協議会などでは相互に直接通報し合っている。

定常的な水質計測については、目視や理化学的計測機器による定期計測と、自動計測装置による連続計測が行われている。これらの計測機器・方法は、実施主体により規定されている。一方、油や急性毒物などの流出による突発水質汚染事故の監視では、近年、生物を用いたバイオアッセイ法も含め、幾つかの方法が開発、実用化されている。

日立製作所は、これまでに、油の流出事故を監視する油膜検知装置、魚類の行動を画像解析して急性毒物流出事故を監視するシステム、植物プランクトンを形状分類して計数するマイクロな監視、および衛星画像を用いて湖沼のアオコ分布をマクロに監視する技術を開発している。

衛星画像を用いたマクロな水質監視の例を図1に示す。従来の定点観測では難しかった汚濁状況の面的な把握を実現している。この技術は、湖沼水面の分光反射率が水質によって異なることに注目し、衛星マルチスペクトルデータと実測水質を用いた統計解析によって、水質評価式を作成する手法である。この技術により、代表的な水質障害であるアオコの発生個所を識別することができるほか、富栄養化の原因である窒素やリン、植物プランクトン量の指標となるクロロフィル濃度の分布を推定できる²⁾。茨城県・霞ヶ浦を対象にアオコの濃度分布を推定した例を図1(c)に示す。この例では西岸(土浦港近傍)でアオコ濃度が高くなっていることがわかる。このようなマクロな水質監視は、今後の流域管理に有用である。

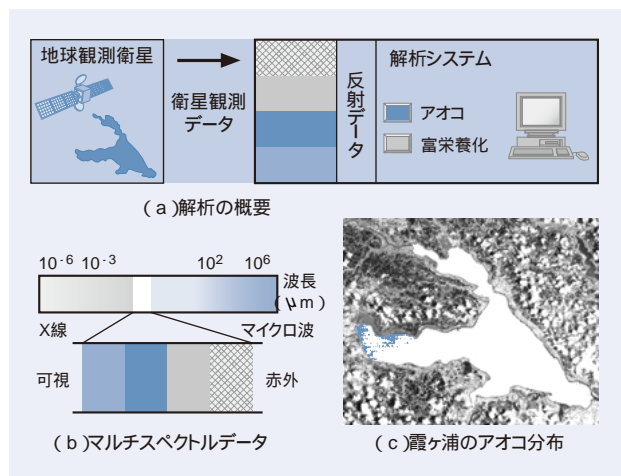


図1 衛星画像を用いたマクロな水質監視の概要

水面の反射マルチスペクトル画像を用いて霞ヶ浦のアオコ分布を解析する。西岸(土浦港近傍)でのアオコ濃度が高いことがわかる。

3.2 流域での水位計測技術

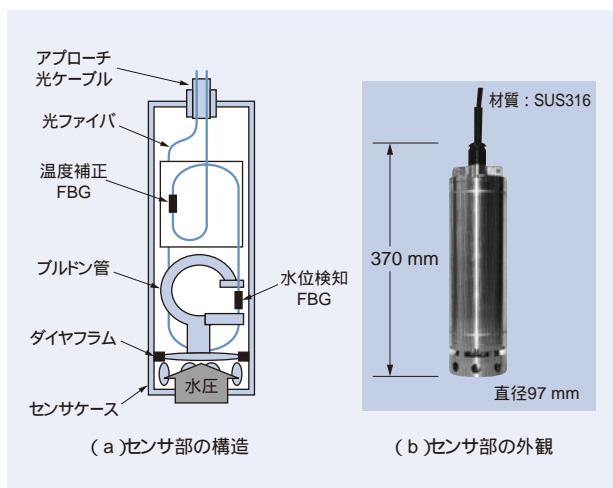
流域での量に関する計測は、降雨、積雪、およびダム・堰（せき）、河川などの水位や流速などが中心で、主に治水・利水を目的に行われている。河川やダム、湖沼などの流域での水位計測には、(1)フロートと電気スイッチを組み合わせたフロート式、(2)水深の圧力を水位に変換する圧力式、(3)超音波の伝搬時間を水位に変換する超音波式などの水位計が使われている。

日立グループは、これまで、新しい方式の水位計として、画像処理を応用した水位計や、光ファイバを用いた水位計などを開発し、主に河川行政部局のニーズに応えてきた。画像処理を応用した水位計は、水面を鮮明に認識するための傾斜版と量水標の目盛を画像認識して水位を計測するもので、保守しやすい遠隔設置方式である。

光ファイバ水位計は、河川や道路の施設を管理するために張り巡らされた光ファイバ網の有効活用という観点から注目されている。この水位計は、観測場所の制約を受けず、光ファイバ網に直接接続でき、遠隔で多点計測が可能だけでなく、センサ部に電源や伝送装置が不要であることや、落雷などによる電磁誘導障害を受けないなどの特徴がある。

おおまかな測定原理は、FBG（Fiber Bragg Grating）に加わるひずみ量による光の波長変化量によって水位を算出するというもので、高速、高精度な計測が可能である³⁾。光ファイバ水位計センサ部の構造と外観を図2に示す。

水位に比例する水圧は、ダイヤフラムを介してブルドン管に伝達され、ブルドン管の変位によってFBGのひずみが発生する。FBGは、特定の波長の光だけを反射し、ひずみが発生すると反射光の波長がシフトするという特性を持っている。反射波長とその変化量を検出することによって、FBGセンサの位置とひずみ量がわかり、水位が求められる。この水位計は、下水道分野にも適用され始めている。



注：略語説明 FBG（Fiber Bragg Grating）

図2 光ファイバ水位計センサ部の構造と外観

水位に比例する水圧はダイヤフラムを介してブルドン管に伝達される。ブルドン管の変位はFBGのひずみとなり、このひずみ量から水位を算出する。

3.3 流域の水質シミュレーション技術

流域管理では、量と質に関する過去からのトレンドデータ、現況把握、さらに、将来の予測が必要とされる。計測は、経済的理由から代表的な計測点で行われるため、データの量には限界がある。現況のさらに正確な把握や、将来予測のためには、シミュレーション技術が必要である。今後、流域管理に移行しようとする、シミュレーションへの依存度はますます高まってくる。

日立製作所は、水質関係では、関東1都6県での広域水質汚濁動向予測と水道取水地点での水質予測、および汚染物質流下予測などのシミュレーション技術を開発した。また、水量の関係では、ポンプ機場を対象とした開閉共存系水理解析やGIS（Geographic Information System：地理情報システム）をベースとした洪水予測などのシミュレーションや、超音波とレーダを用いた河床計測技術を開発している。

流域の汚濁負荷量と河川水質予測の概要を図3に示す。流域内の負荷発生源から排出された汚濁負荷は、幾つかの移動プロセスを経て河川に流入する。負荷発生源から排出された汚濁負荷が河川に至るまでの流達プロセスと、河川に流入した汚濁負荷が着目地点に至るまでの流下プロセスを減衰モデルで定式化する。流域内で発生する汚濁負荷は、(1)生活系、(2)事業場系、(3)畜産系、(4)非点源系、および(5)下水処理場系の5種類に分類し、算定は原単位法による排出負荷量で行った。予測する水質項目は、BOD（Biochemical Oxygen Demand：生物化学的酸素要求量）、トリハロメタン生成能など5項目で、人口分布、下水道普及率、鉱工業生産高などの将来動向を予測・組み合わせていくつかのシナリオを設定、それぞれのシナリオに基づいて水質を予測する。この技術は、水道事業体の取水水質を予測し、高度浄水処理施設の導入可否と導入時期の検討に利用された。今後、流域の水質保全を考えるうえで幅広い活用が期待される。

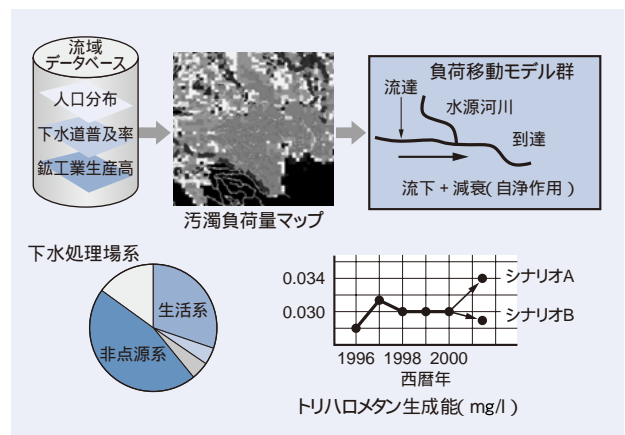


図3 流域の汚濁負荷量と河川水質予測の概要

人口分布、下水道普及率、鉱工業生産高などの流域データベースから汚濁負荷量マップを作成し、流下減衰モデルから水系の水質を予測する。

3.4 流域の情報管理技術

流域管理に必要とされる情報には、面的な地形情報、河川、ダム・堰などの施設情報、水質汚濁特定事業所情報、PRTR(環境汚染物質排出・移動登録)情報などの流域環境情報と各種計測情報がある。計測情報は、(1)国や県の環境行政部局、河川行政部局で得られる定期的または連続的な計測情報、(2)水道事業体で得られる原水の計測情報、(3)下水道事業体で得られる流入と放流の計測情報、(4)突発的な水質汚染事故情報などである。

流域環境情報は、これまで流域環境図として作成され、印刷物として流域協議会などで相互利用されてきた。近年、GISをベースとした流域環境図管理システムも一部で実用化されている。一方、計測情報はそれぞれの行政目的によって整理、利用されるとともに、定期的に公表されており、流域管理をするうえで重要な情報である。今後は、流域環境情報と各種計測情報を統合した流域情報管理システムが必要となる。

GISをベースとして流域環境情報と各種計測情報を統合した流域環境情報管理システムの構成例を図4に示す。このシステムは、流域図や規制図に流域情報データベースを統合するとともに、計測のための自動観測所からテレメータなどで収集したリアルタイム計測情報を統合したものである。

流域情報は、見やすい形で視覚化され、行政内関連部署で利用されるとともに、外部に公開される。公開情報は、市民はもちろんのこと、民間企業や公営企業などの利害関係者、各種環境関連団体、環境・河川にかかわる行政部局など、誰でもインターネットを介して入手できる。また、GISを利用することにより、地形も含めて流域情報がすべて電子化されるため、流域管理のための各種シミュレーションも容易になる。

今後は、流域情報管理システムや分野・目的別のデータベースシステムの構築と情報公開が不可欠である。

4 おわりに

ここでは、流域管理の動向を見極めつつ、これまで日立グループが開発した計測・監視、シミュレーション、情報管理の技術と、流域モニタリングへのこれらの適用について述べた。

今後、環境保全とのバランスを考慮しながら、限られた水資源を効率よく運用しようとする流域管理が進み、流域でのモニタリングの必要性はますます高まるものと思われる。日立グループは、今後も、モニタリングをはじめ、流域管理に役立つソリューションの提案に取り組んでいく考えである。

参考文献

- 1) 圓佛, 外: ITを駆使した水源水質監視/管理システム開発の試み, 水道技術国際シンポジウム講演集(2003.3)
- 2) 圓佛, 外: 衛星データを利用した水圏監視技術の検討, 第6回環境システム計測制御学会講演論文集(1996.10)

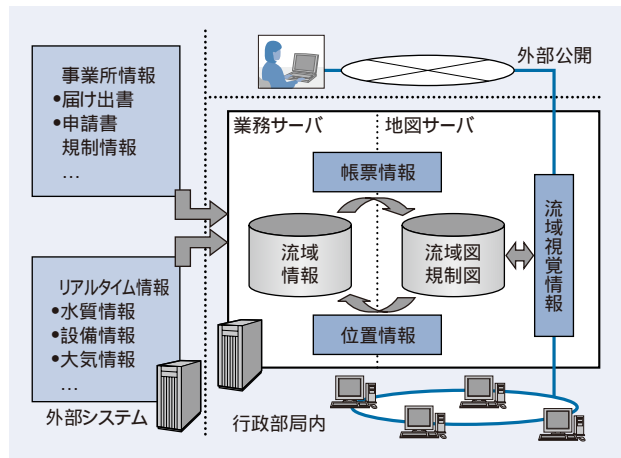


図4 流域環境情報管理システムの構成

流域の地図情報に事業所情報や規制・指定区域情報、自動観測所からのリアルタイム情報などを組み合わせ、総合的な流域環境情報を管理、提供する。

3) 本郷, 外: ファイバ プラグ グレーティングを用いた光ファイバセンサの開発, 日立電線, No.22(2003.1)

4) 松田, 外: 河川流域汚濁負荷量に基づく長期水質予測, 水道協会誌, Vol.66, No.4(1999.10)

執筆者紹介



依田 幹雄

1964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 所属
現在, 上下水道をはじめとする水環境システムの開発設計に従事
技術士(上下水道部門, 総合技術管理部門)
日本水環境学会会員, 電気学会会員, 環境システム計測制御学会会員
E-mail: mikio_yoda @ pis. hitachi. co. jp



小林 毅

1986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 社会情報システム設計部 所属
現在, 河川情報システム, 防災情報システム, 地理情報システムなど公共分野の情報システムの開発設計に従事
E-mail: takeshi-a_kobayashi @ pis. hitachi. co. jp



三井 芳郎

1971年日立製作所入社, 電機グループ 社会システム事業部 事業企画本部 電機システム統括部 所属
現在, 治水・利水情報制御システムの開発・設計に従事
E-mail: yoshiro_mitsui @ pis. hitachi. co. jp



陰山 晃治

1993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, 上下水処理と運転支援技術の研究開発に従事
環境システム計測制御学会会員
E-mail: kouji_kageyama @ pis. hitachi. co. jp



佐藤 知典

1987年日立電線株式会社入社, 営業本部 公共営業部 所属
現在, 通信システムの事業推進に従事
応用物理学会会員
E-mail: sato. tomonori @ hitachi-cable. co. jp