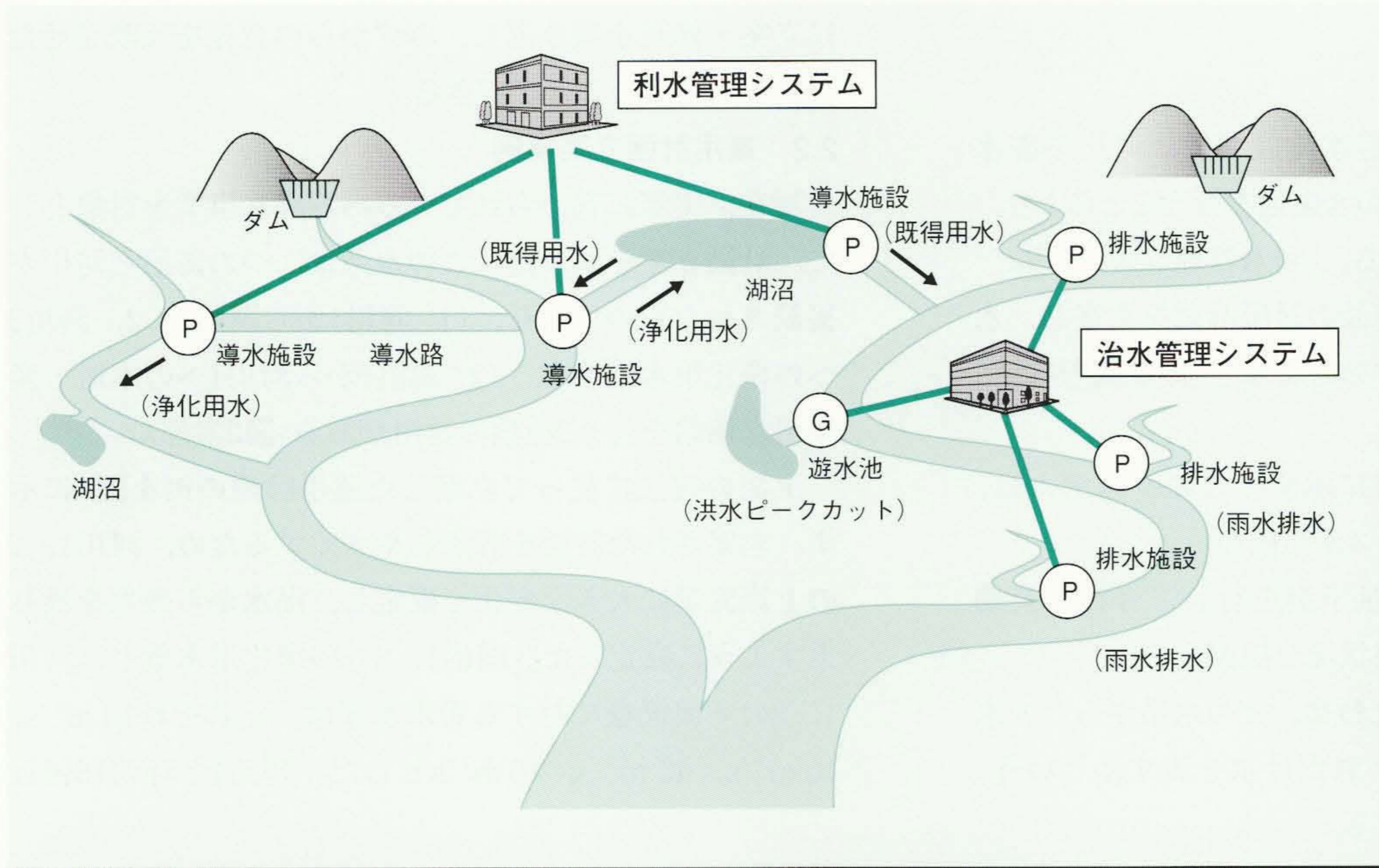


水系の環境と安全を守る河川流域管理システム

River Basin Management Systems for Securing Environment and Safety of Water Systems

栗栖宏充 *Hiromitsu Kurisu*
 藤井健司 *Kenji Fujii*

高田国雄 *Kunio Takada*
 大塚敏洋 *Toshihiro Ôtsuka*



注：略語説明
 P (Pump)
 G (Gate)

流域管理システムのイメージ
 複数の導水施設や排水施設が互いに連携を保ちながら効率的な水運用を行う。

河川流域の都市化により、環境保全や用水および洪水対策の必要性が年々高くなっている。このため、河川や湖沼を導水路で接続して水を融通することにより、水質浄化や渇水時の用水確保、豪雨時の洪水防止を図るといった利水、治水対策が進められてきた。このように複数の河川が相互に接続されて広域化が進んだ結果、水系全体を対象とした河川流域管理がますます重要となっている。

日立製作所は、水系全体の河川情報をオンラインで一元管理し、広域化によって困難さを増していく種々の管理業務を支援するために、(1) 時間や目的に応じた河川間の水融通計画立案を支援する「利水管理システム」、(2) 洪水時に複数施設間で適切に連携した排水ポンプ運転をガイダンスする「治水管理システム」など、シミュレーションと最適化技術を駆使した最新のシステムの開発に取り組んでいる。

1 はじめに

河川は、貴重な水源として重要である一方、氾濫(はんらん)による災害の原因ともなる。河川流域の都市化に伴い、その地域に住む人々が自然と調和し、かつ安全な生活を営むために、河川管理はますます重要となっている。

都市化が進行し、産業や生活の活動が活発化すると、しばしば河川や湖沼の水質汚濁を招くことがある。そのため、水質対策の一つとして、他の河川から浄化用水を引き入れる導水路が建設されている。このとき、他の河川もまた水源となっている場合が多く、必要水量は残しておかなければならない。また、大量の河川水を流すに

は相当の時間を必要とする。そのため、関係する貯水池やダム、河川などの今後の水需給を勘案した水運用計画を事前に立案し、それにのっとったポンプ運転が必要となる。

一方、洪水対策としては、流下能力が低い河川から流下能力が高い河川への洪水排除を行う排水機場や放水路の建設が行われている。このような施設が有効に機能するためには、それぞれの施設のポンプを、タイミングよく連携して運転しなければならない。

さらに、導水路による接続で広域化が進む河川水系では、関連諸施設を群としてとらえたうえで、運用計画立案や排水機場運転を行う必要がある。

ここでは、水質保全や水量確保といった利水対策と、

洪水防止などの治水対策それぞれに関して、広域的に収集した監視情報を活用する河川流域管理システムについて述べる。

2 利水管理システム

2.1 システムの概要

流況調整河川と呼ばれる導水施設では、河川や貯水池、ダムなどの水系間で相互の水融通を行うことにより、水資源の有効利用を図っている。「利水管理システム」は、長期的な視野に立った導水施設の運用計画を立案し、水不足域への用水補給や余剰水の貯留など「流況調整作業」の支援を行うシステムである。

このシステムの概要を図1に示す。このシステムは、大別して以下の二つのプロセスから成る。

- (1) 対象水系の長期水位流量予測を行い、今後の長期的・広域的な水の不足・余剰状況を把握する。
- (2) 水の不足や余剰状況に合わせ、どの水系からどの水系まで、どのような経路でどれだけ水を流すかという、導水施設の運用計画を立案する。

導水施設の運用に際しては、河川浄化のために河川流量を増やしたり、導水ポンプの運転切回数減らしたいなどのさまざまな要求がある。このような複数の要求を満足させるために、上記(2)では、計画立案に「希求水準法」と呼ばれる最適化手法を適用した。

この手法の特徴は、各要求に対してそれぞれこの程度あれば望ましいという数値、すなわち「希求水準」を与えるだけで、難解なパラメータ設定を必要としないというインターフェースにある。たとえ要求が実現不可能な値であっても、可能なかぎり満足する計画を出力する。立案

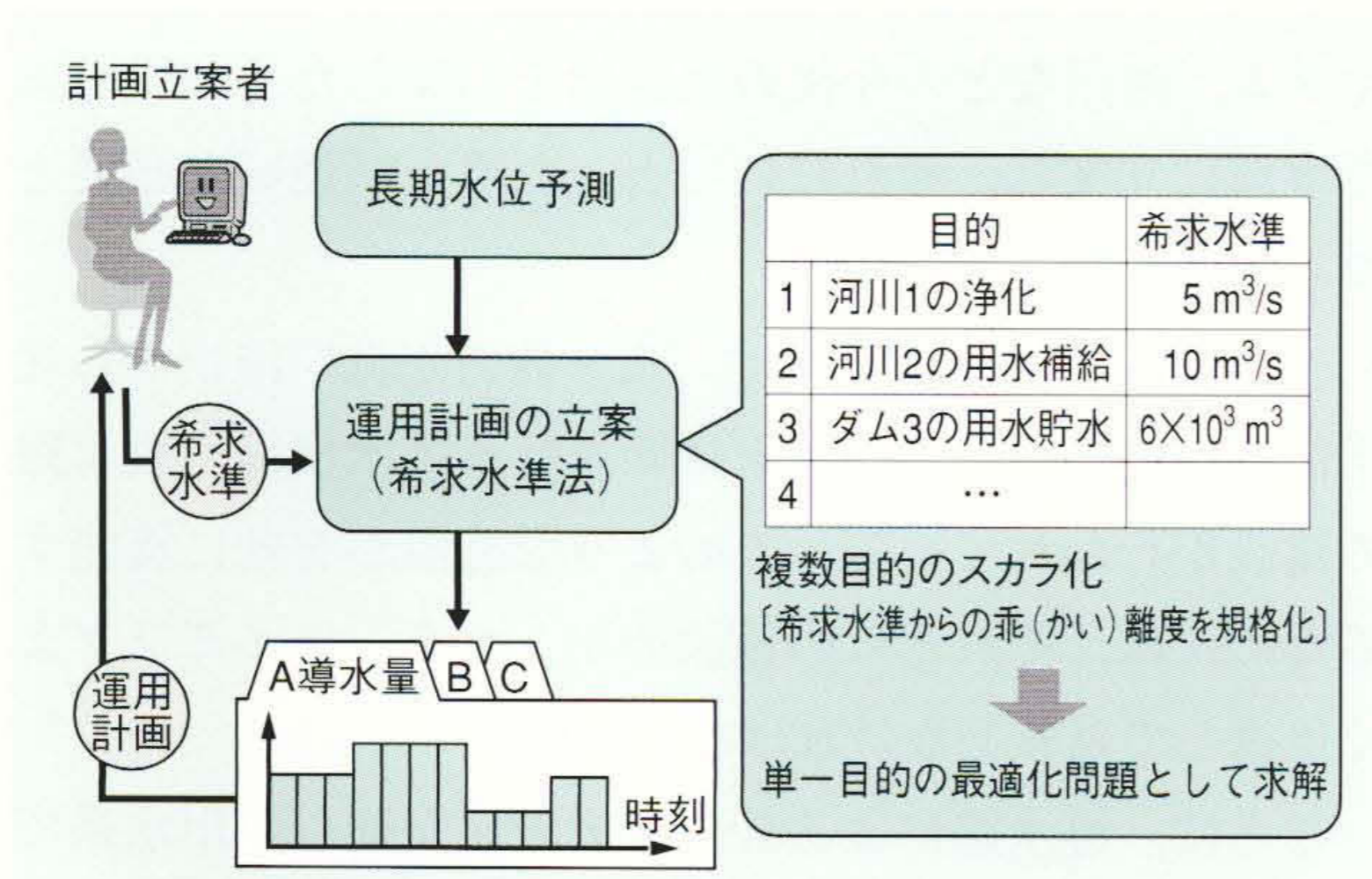


図1 利水管理システムの概要

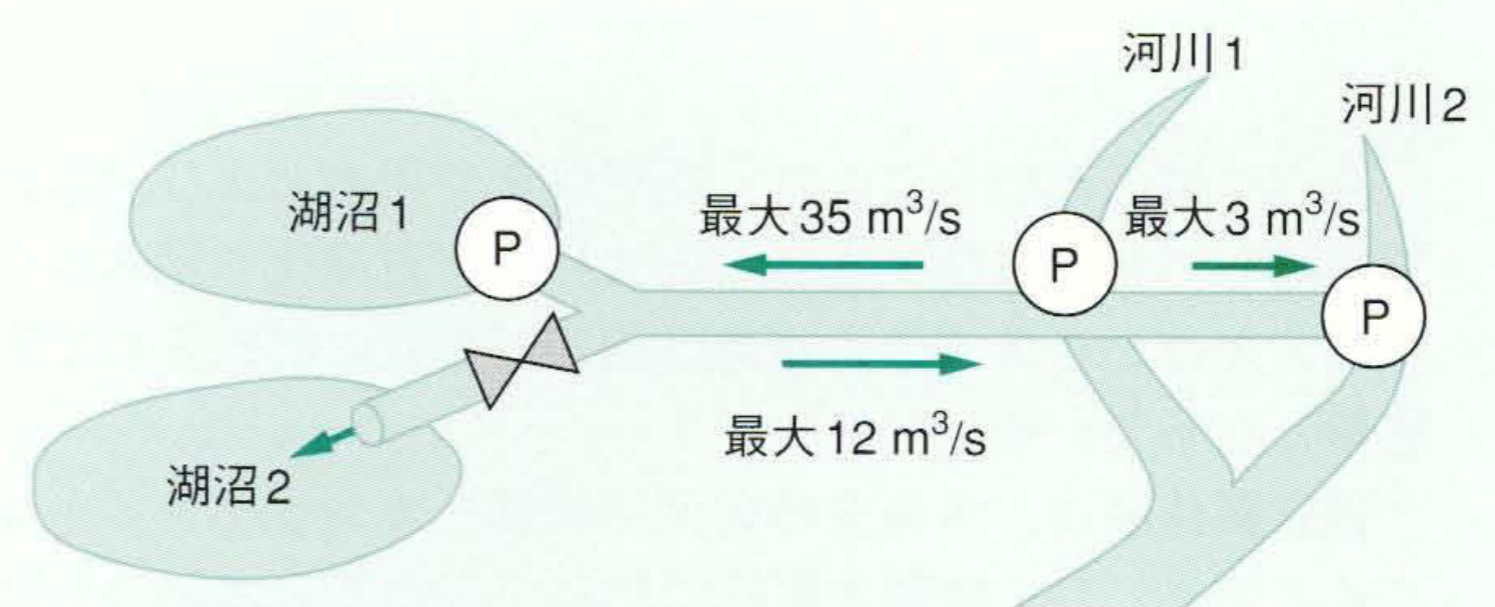
長期水位予測による各水系の水不足や余剰状況の予測と、希求水準法に基づいた運用計画の立案を行う。

された計画が好ましいものでなければ、改善したい要求に対する希求水準を高く設定することにより、その要求をさらに重視した計画が算出される。要求に対する水準の感覚をそのまま入力できるので、計画立案者は対話的に立案・修正を繰り返し、みずからの意見を反映させた計画を立案することができる。

2.2 運用計画立案事例

現在、実際に進められているある導水事業を対象として、計画立案を試みた。この水系は二つの湖沼と河川が接続されたものであり、(1) 河川1から湖沼1, 2, 河川2への浄化用水補給と、(2) 湖沼1から河川1への水道・産業用水補給を行う2種類の運用がある(図2参照)。

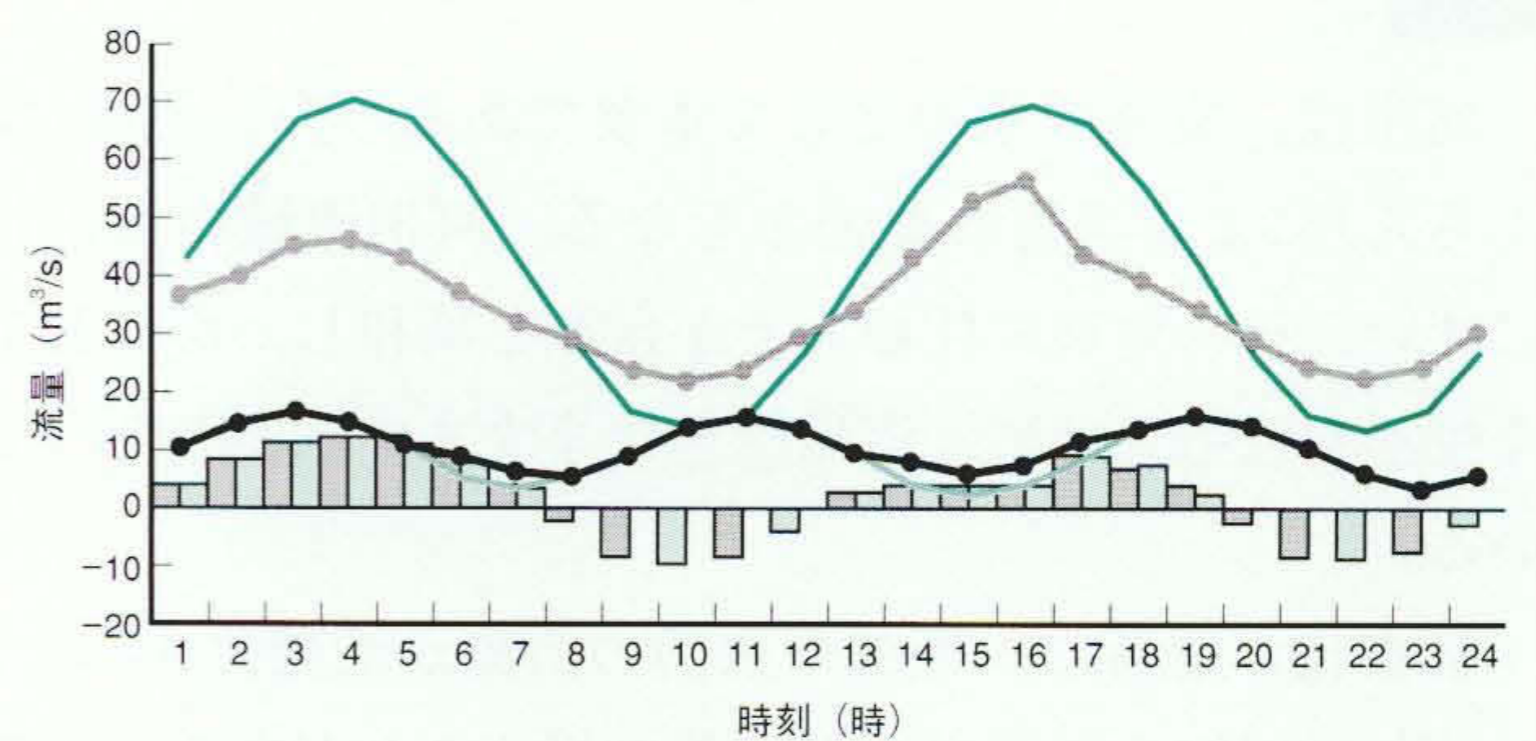
上記の技法に従って立案した運用計画の例を図3に示す。立案された計画を評価しやすくするため、河川1, 2の上流流量に大きな変化を仮定し、渇水から豊水を繰り返すように設定した。湖沼1, 2への浄化用水量と、河川1, 2の下流流量に対する希求水準は、それぞれ10 m³/s, 10 m³/s, 42 m³/s, 10 m³/sとした。時刻4と時刻16付近



注：略語説明 P(Pump)

図2 モデル導水路水系の概要

河川・湖沼の水質浄化と既得用水の安定供給を目的とする。



注：□ (湖沼1導水量), □ (湖沼2導水量), — (河川1上流流量), — (河川2上流流量), — (河川1下流流量), — (河川2下流流量)

図3 導水施設運用計画の事例

計画立案者が設定した希求水準を基にすることにより、各水系間でバランスの取れた計画立案が可能となる。

では、水源となる河川1の上流流量が豊富なため、すべての希求水準を満足するような運用計画を立案している。時刻10付近では、河川1が渇水状態のため、湖沼1、2よりも河川1への用水補給のほうを優先させている。

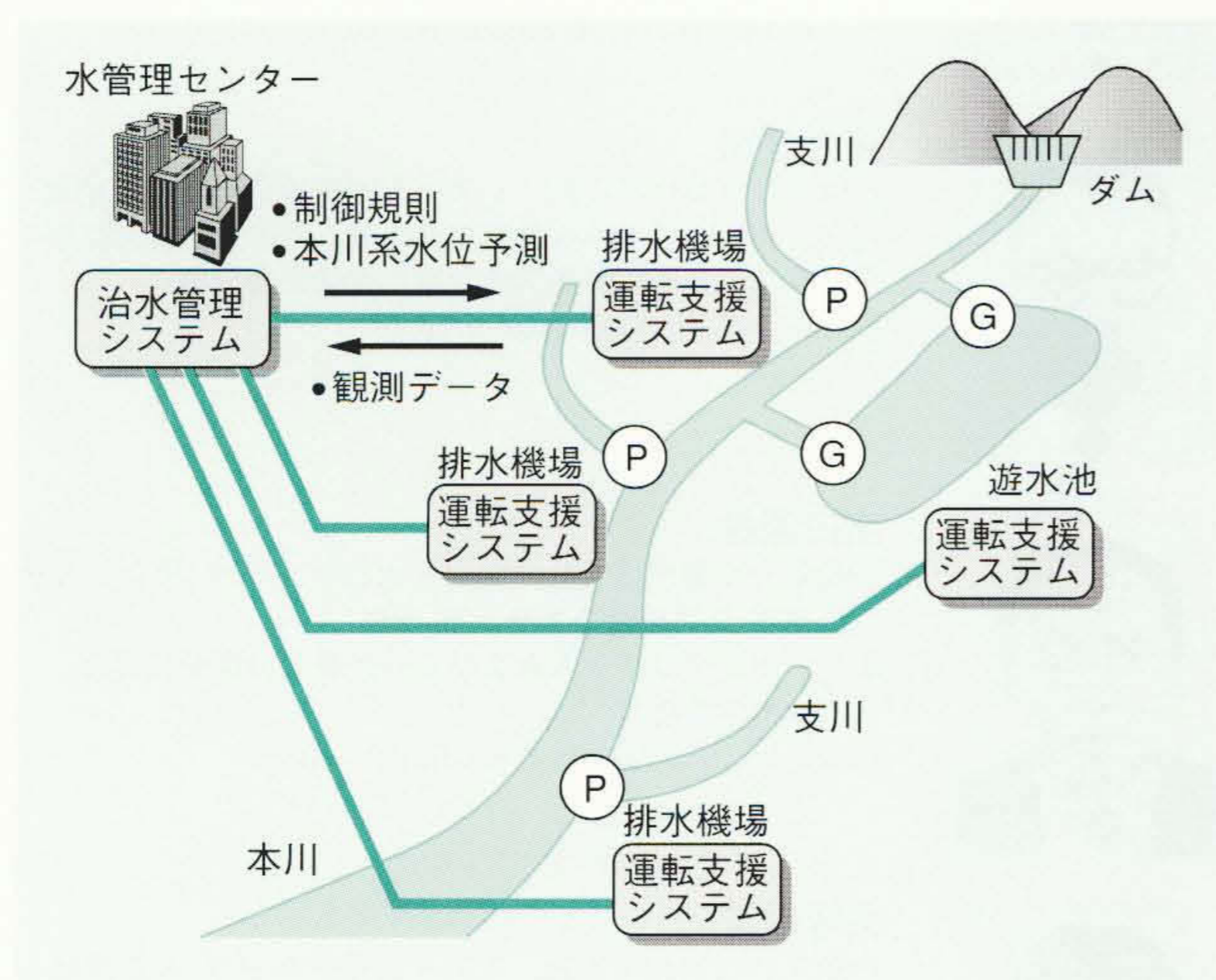
このように、水質浄化や用水補給といった複数の目的から成る運用計画でのさまざまな課題に対して、全体のバランスを考えた計画立案が可能となる。

3 治水管理システム

3.1 排水施設群の広域管理構想

河川の広域化・複雑化や排水施設の増加・大規模化により、各排水施設の運用が他施設の運用に影響を及ぼすようなケースが増加しつつある。そのため、河川水系全体を一つの制御対象としてとらえ、各排水施設が互いに連携を保ちながら効率的な治水運用を行っていく「広域管理」の必要性が高まっている。

日立製作所が提案する排水施設群の広域管理構想を図4に示す。洪水発生時に中心的な機能を果たす水管理センターでは、治水管理システムにより、洪水の規模や場所に応じた適切な各排水施設の運用計画を決定する。この運用計画を受け、各排水施設では、運転支援システムによって施設機器の運転スケジュールなどのガイダンスを行う。従来の監視制御機能はそのまま施設側に残し、運用計画だけをセンターで決める「階層別管理方式」としているため、中央に負荷が集中することなく排水施設群の広域管理が可能となる。



注：略語説明 G(Gate)

図4 排水施設群の広域管理構想

各施設では機器の運転制御を行い、中央では各排水施設の運用計画を決定する「階層別管理方式」としている。

3.2 治水管理システムの概略

治水管理システムでは、洪水発生時や洪水特性が変化した時点で、連携運転や事前排水、待機運転といった各排水施設の運用計画を決定する。運用計画は、具体的には、オペレータの使い慣れているポンプ起動停止水位などの機器操作規則の形で表現する。

このシステムの概要を図5に示す。このシステムは、大別して以下の三つのプロセスから成る。

- (1) 標準的な操作規則に従って各施設機器の運転制御を行った場合の、水系全体の短期水位流量予測シミュレーションを行い、今後の洪水のトレンドを把握する。
- (2) 上記の予測結果に基づいて、事前に作成しておいた操作規則データベースの中から、現在の洪水に対応が可能な各施設機器の操作規則を選択する。
- (3) 再び水系全体の予測シミュレーションを行い、選択された操作規則の評価を行う。好ましい結果が得られなかった場合は、(2)から(3)の処理を繰り返す。

操作規則データベースには、前件部に洪水条件が、後件部に各施設機器の操作規則を記述した「IF-THENルール」がそれぞれ格納されている。例えば、ある支川で大量の出水が予想される場合は、事前排水を行うように、ポンプ起動水位が低めに設定された操作規則となる。水系の各所で出水が予想される場合は、各洪水流が重ならないように、最適順序で各施設のポンプが起動するような操作規則となる。すなわち、このシステムでは、洪水の規模や場所に応じて操作規則を動的に変更することにより、排水施設群の広域管理を実現している。

決定された運用計画(機器操作規則)は、本川系の水位予測結果とともに各排水施設に伝送される。各排水施設では、所定周期ごとに運転支援システムで支川系の詳細な短期水位流量予測シミュレーションを行い、運用計画に沿った機器の運転スケジュールガイダンスを行う。こ

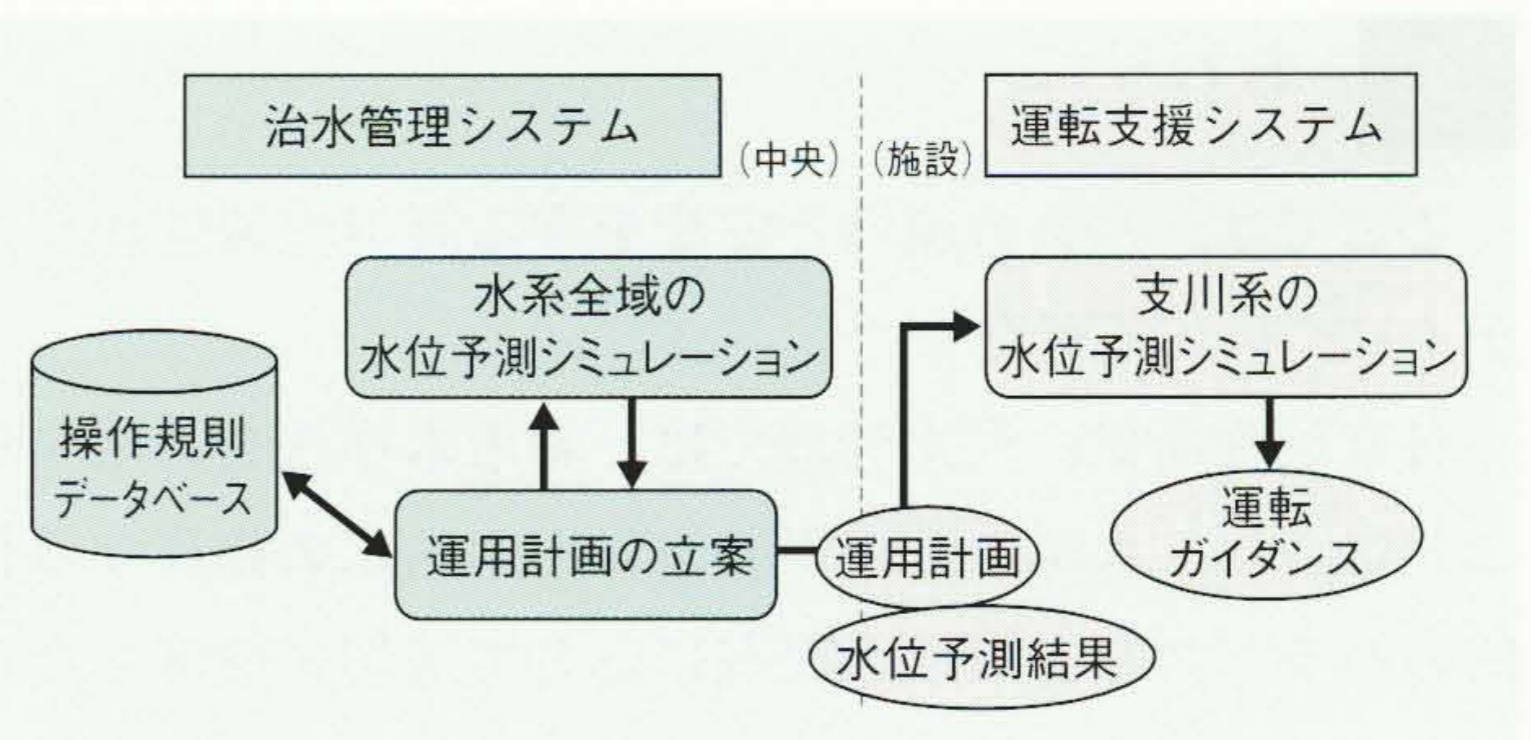


図5 治水管理システムの概要

予測シミュレーションによって水系全体の流況を総合的に評価できるようになり、排水操作の信頼性が向上する。

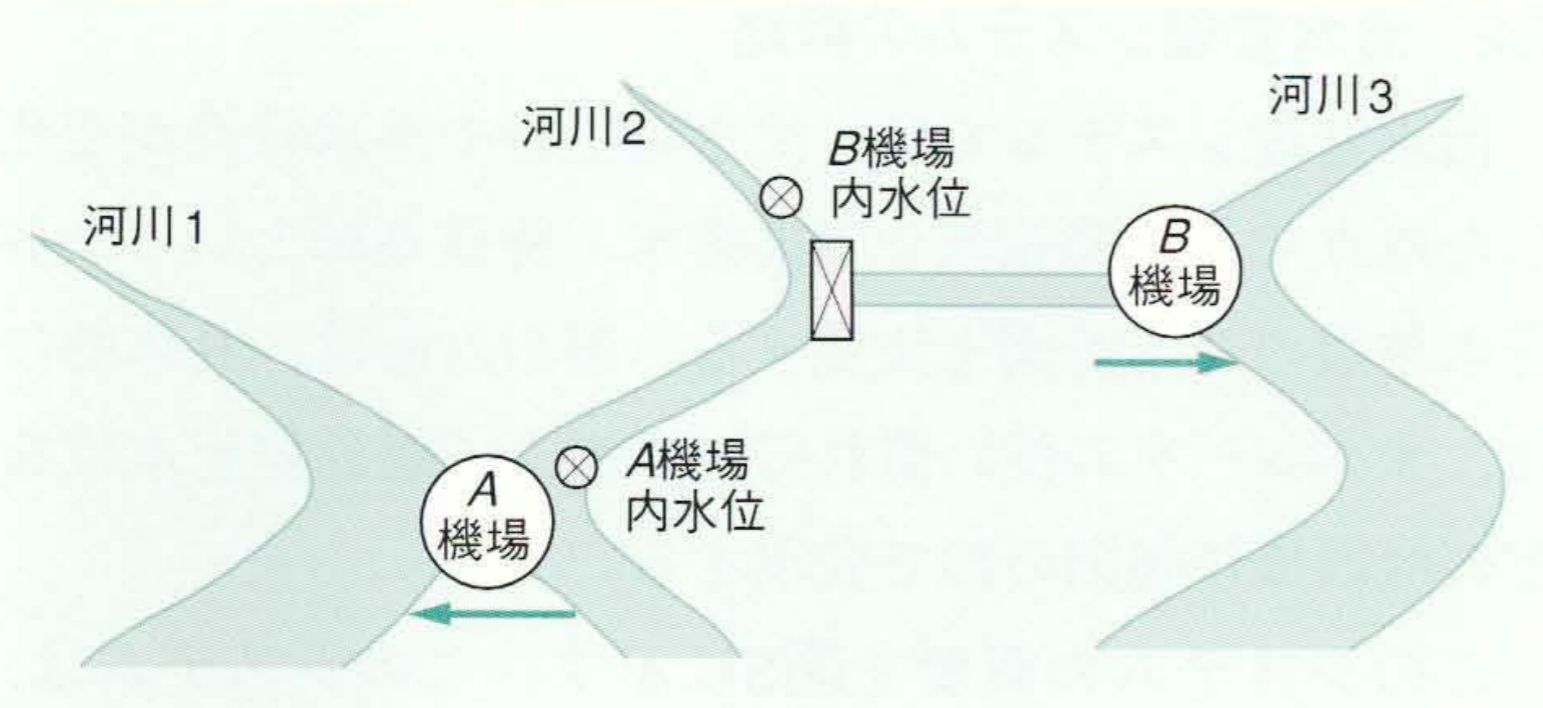


図6 対象河川水系の概略

各施設A, Bでは、それぞれの内水位を基準水位として、ポンプとゲートの運転制御を個別に行っている。

れにより、オペレータは時間的に余裕を持った、合理的な施設機器の運転制御ができる。

3.3 洪水シミュレーションによる評価

治水管理システムの有効性を確認するため、実際のある河川水系を対象として、プロトシステムを開発した。対象水系の概略を図6に示す。水系は三つの河川と、その近隣に配置された二つの排水機場で構成する。各排水機場A, Bでは、個別の操作規則(内水位を基準とするポンプ起動停止水位条件)に基づいて、小規模河川2の洪水流を中規模河川1, 3にポンプ排水する。

河川2の上流に洪水を発生させ、機場A, Bが(1)個別運用を行った場合と、(2)広域運用を行った場合のそれぞれに対して、洪水シミュレーションを行った。その結果を図7に示す。ケース(1)では、機場Aだけが20:00からポンプ運転を開始した。このとき洪水流の到達と満潮とが重なってしまったため、機場Aの内水位は上限水位を超える結果となった。一方、ケース(2)では、機場A, Bが同時にポンプ運転を開始したため、河川2下流部への流量が軽減され、内水位は上限内に収まっている。

このように、治水管理システムによれば、従来方式では防げなかった洪水に対してもその被害軽減や洪水防御が可能となり、排水操作の信頼性が大幅に向上する。

4 おわりに

ここでは、水系の環境と安全を守る河川流域管理システムについて述べた。

日立製作所は、利水管理では、希求水準法を適用することにより、水源水量確保と浄化用水送水の相反する目的のバランスを河川水系流況に応じて適切に加味した運用計画の立案ができる機能を開発した。治水管理では、河川水位の予測に基づいて排水施設間で効果的な連携を実現するポンプ運転ガイダンス機能を開発した。

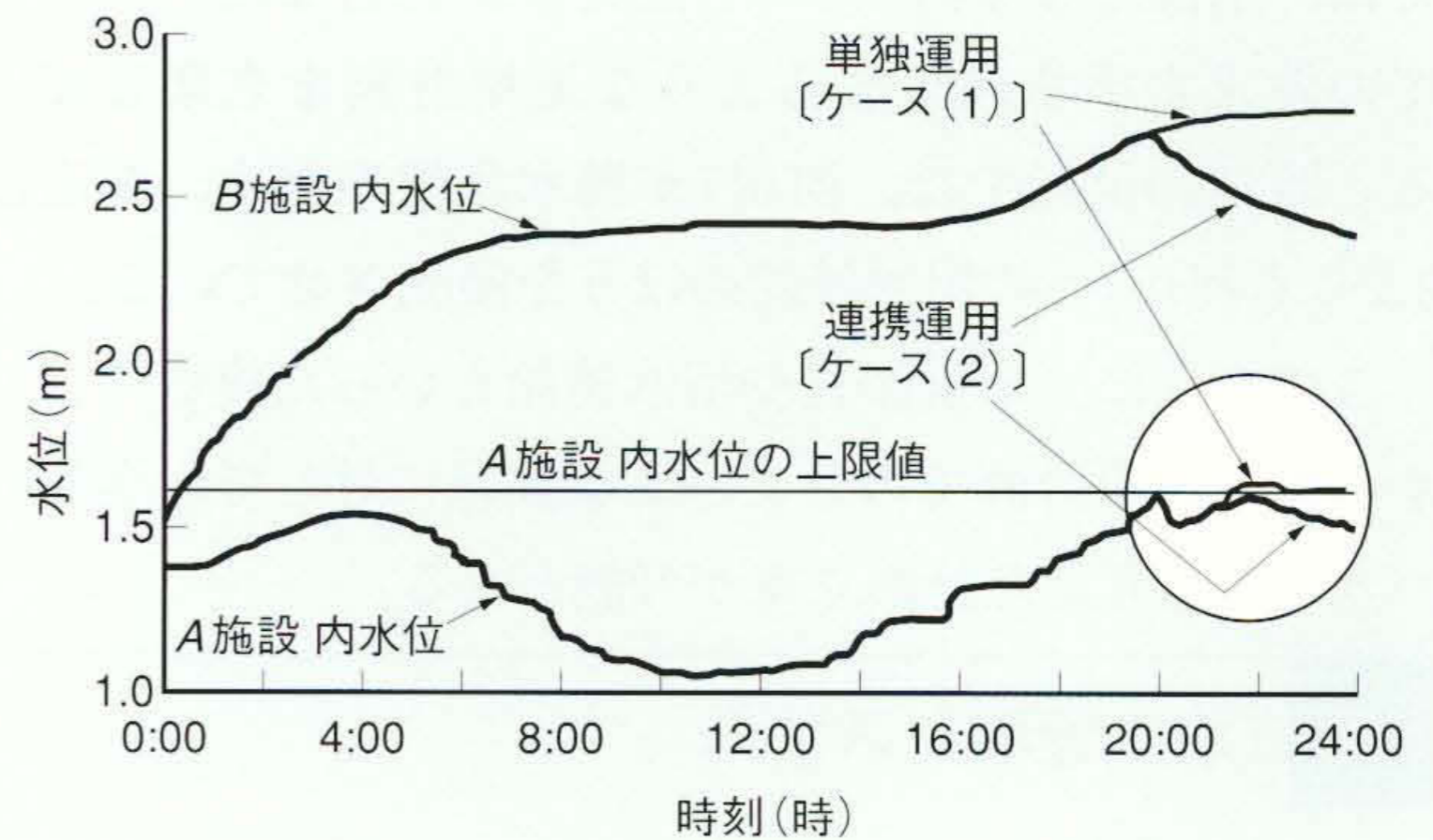


図7 洪水シミュレーション結果

排水施設の連携運用を行うことにより、洪水防止が可能となる。

今後、河川水系の広域化や施設管理の遠隔集中化が進み、一人の運転員が複数施設の運転管理を行うようになり、意思決定の難しさや、責任の重さが増していくものと思われる。これからは、このような重要な任務を支援するシステムの開発に力を注いでいく考えである。

参考文献

- 1) 中山, 外: 多目的計画法の理論と応用, 計測自動制御学会(1994)
- 2) 河川ポンプ施設技術協会: 揚排水施設広域運用管理 今後の方向性と施策(1992)

執筆者紹介



栗栖宏充

1988年日立製作所入社, システム開発研究所 第1部 所属
現在, 河川, 上下水, 電力の情報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, 計測自動制御学会会員,
電気学会会員, IEEE会員
E-mail: kurisu@sdl.hitachi.co.jp



藤井健司

1991年日立製作所入社, システム開発研究所 第1部 所属
現在, 河川, 農水の情報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, 電気学会会員
E-mail: k-fujii@sdl.hitachi.co.jp



高田国雄

1962年日立製作所入社, 電力・電機グループ 社会システム事業部 公共施設システム部 所属
現在, ポンプシステムおよび新分野製品の開発に従事
日本機械学会会員
E-mail: kunio_takada@pis.hitachi.co.jp



大塚敏洋

1988年日立製作所入社, 電力・電機グループ 産業機械システム事業部 土浦製品本部 所属
現在, 排水機場などの河川管理施設を対象とした運用管理システムの開発・設計に従事
E-mail: toshihiro-a_ootsuka@pis.hitachi.co.jp