治水・利水システム新技術

New Technology for Flood Control and Water-utilization System

治水・利水事業は、公共投資の拡大、社会基盤のいっそうの整備といった背景の中で国土保全、水資源の確保など安全で豊かな社会づくりを目指し、ますます増大する傾向にある。

このような情勢の中で治水・利水システムは、高い信頼性と安価で使いやすいシステムの実現を目指し新たな技術開発がなされている。具体的には、(1)ポンプ設備でのガスタービン駆動高信頼性システム化技術およびニューロ応用流入量予測制御技術、(2)大深度地下ポンプシステム対応の開閉共存系水路流れ解析技術、(3)河川、ダム設備の運転管理システムでの広域一元管理、機能分散システム化技術、(4)閉鎖水域での水質浄化シミュレーション技術などの開発である。

これらの技術は、治水・利水システムの新たなニーズに対応したものであり、 その成果が期待されている。 桑原勅光* Norimitsu Kuwabara

大谷健二** Kenji Ôtani 辻川秋雄*** Akio Tsujikawa 都築浩一**** Kôichi Tsuzuki

1 はじめに

治水・利水システムは、公共性の高い設備であり高い信頼性の確保、安価で使いやすく省力化を目指したハードとソフトのシステム技術の確立が不可欠である。この多様化、高度化したニーズに対応して最近新しい技術開発が積極的に行われている。

例えば、治水・利水システムの中核であるポンプ設備では、 ガスタービン駆動化、ニューロ応用流入量予測制御運転シス テムなどハイテクノロジー化とともに、信頼性、使いやすさ の向上を目指している。可動翼ポンプシステムおよびリフト 式ポンプの開発は、経済性の高いシステムを可能とするもの である。また、大深度地下利用プロジェクトへ対応した開閉 共存系水路の流れ解析ソフトの開発、および環境問題に対応 した湖沼、ダムなどの閉鎖水域での水質浄化シミュレーショ ンの開発は、時流に合ったソフト技術の確立である。

一方,河川やダムの情報,管理運転支援システムについては,広域一元管理および図形処理,イメージ処理など多機能なマンマシンの開発がなされ,日立河川情報システムはその一例である。また,光伝送,機能分散,音声ガイダンス機能などを導入した日立ダム放流設備制御システムは,新しい方向の運転支援ツールと言える。以下,これら新しい技術,システムについて述べる。

2 信頼性の高いポンプ設備

2.1 ポンプ設備のニーズと動向

ポンプ設備は治水・利水システムの中核を成す設備であり、 従来から信頼性、経済性などの向上に努めてきた¹⁾。一方、最 近の社会環境の変化により、ポンプ設備に対するニーズもさ らに高度化してきた。この最近のニーズに対応した新製品、 新システムについて以下に述べる。

2.2 ガスタービン採用による冷却方式の改善

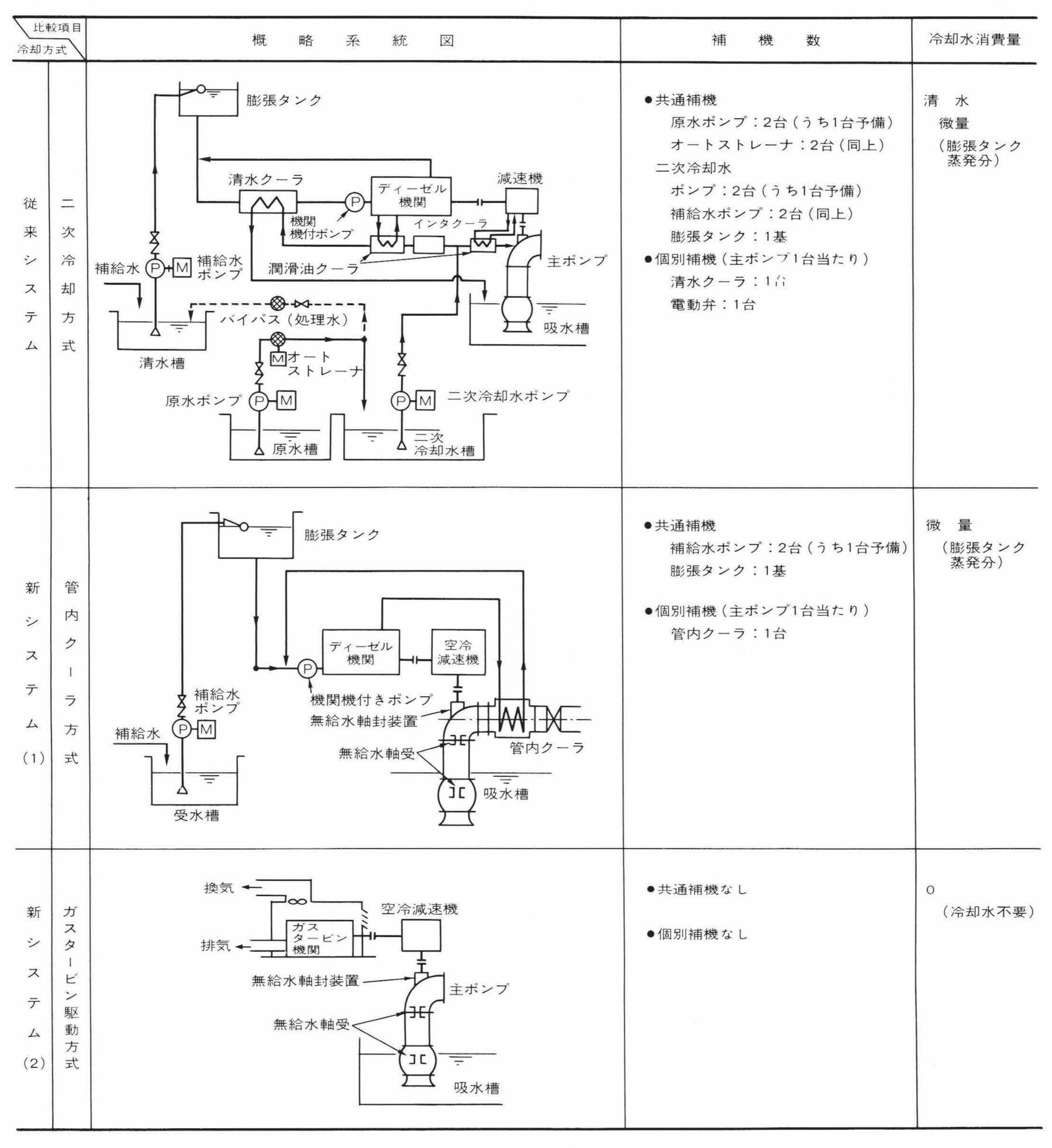
ディーゼル機関駆動ポンプ設備は大量の冷却水を必要とし、 従来から冷却水にかかわる補機、センサ類の故障によってシ ステムの信頼性が阻害されていた。このようなことから、無 給水軸受、無給水軸封装置、空冷減速機および管内クーラを 採用し、表1に示す新しい冷却方式の改善を図ってきた。さ らに、最近はガスタービンをポンプ原動機に採用し、冷却水 を完全になくし、システムの簡素化を図り高い信頼性を確保 するとともに、保守管理の容易なシステムを実現した。

なお、ガスタービン駆動ポンプ設備の開発にあたっては、 ポンプとガスタービンを工場で組み合わせ、各種実験を行い 現在、2,352 kW{3,200 PS}ガスタービン駆動ポンプ設備を納 入するに至っている。

2.3 可動翼ポンプシステム

可動翼ポンプは、ポンプ吐出し量を広範囲にわたり効率よ

表 I 冷却方式の比較 補機数は、冷却水系統にかかわる員数だけを示す。ガスタービン駆動方式は冷却水が不要で、システムの簡素化を図ることができる。



く制御でき、運転動力費が低減できる特長がある。近年、翼開度操作機構として、従来の油圧式に代わり電動機械式を採用し、設置スペースの縮減、操作、維持管理が容易なシステムとした。さらに、利水用ポンプのように連続運転を行う設備では、目標値に対し運転動力が最少となる最適ポンプ運転台数、翼角度を求めるための演算装置を導入することにより、

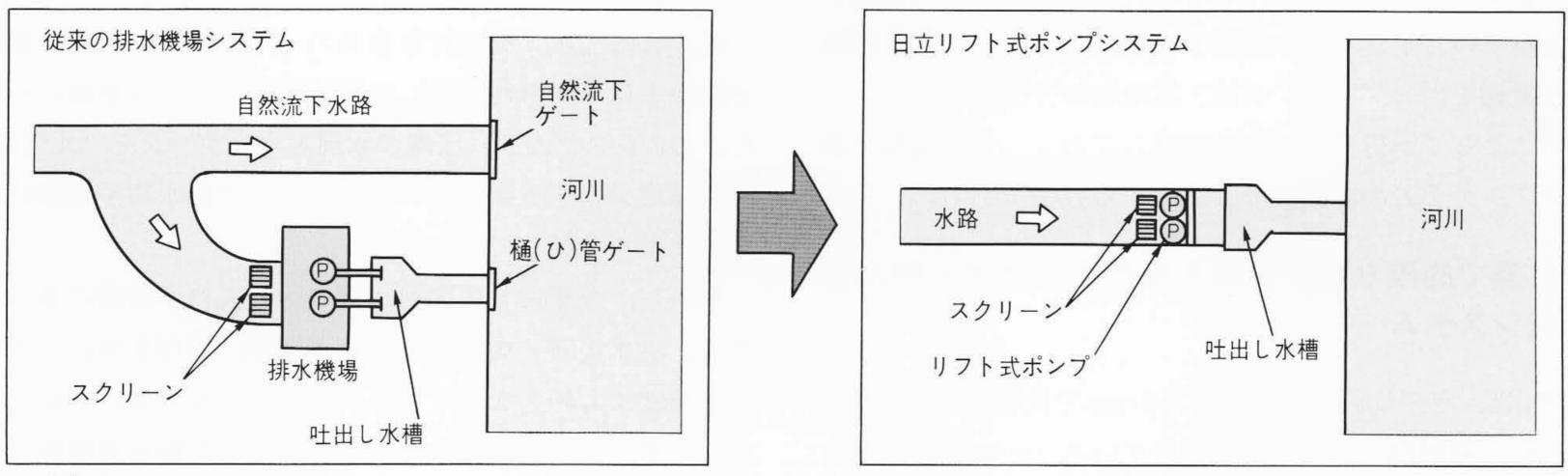
大幅な運転動力費の低減が可能である。

2.4 リフト式ポンプ

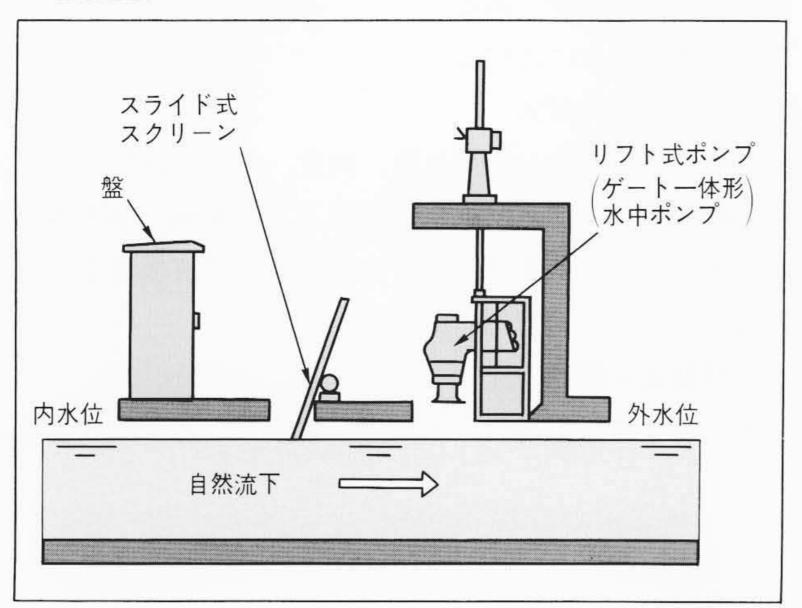
リフト式ポンプは、ゲートと水中ポンプを一体化した設備で、以下のような特長を持っている(図1)。

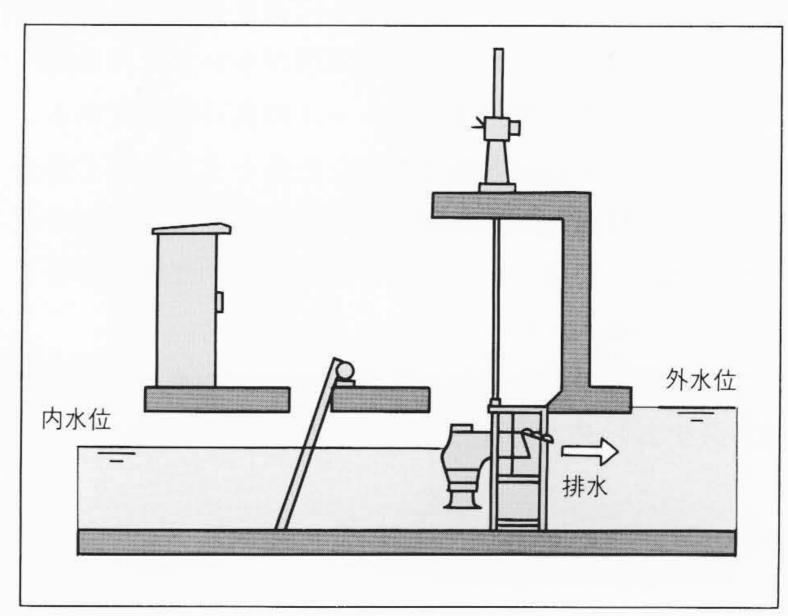
(1) 水路途中に設置する構造であり、ポンプ場スペースを大幅に縮減できる。

1. 従来システムとの比較



2. 運転方法





●内水位が外水位より高いとき、ゲートを開けて自然流下によって排水する。 ●外水位が内水位より高いとき、ゲートを閉じてポンプで排水する。

リフト式ポンプシステム説明図 ゲートと水中ポンプを一体化して水路途中に設置し、機場建設費の低減を図ったシステムで ある。

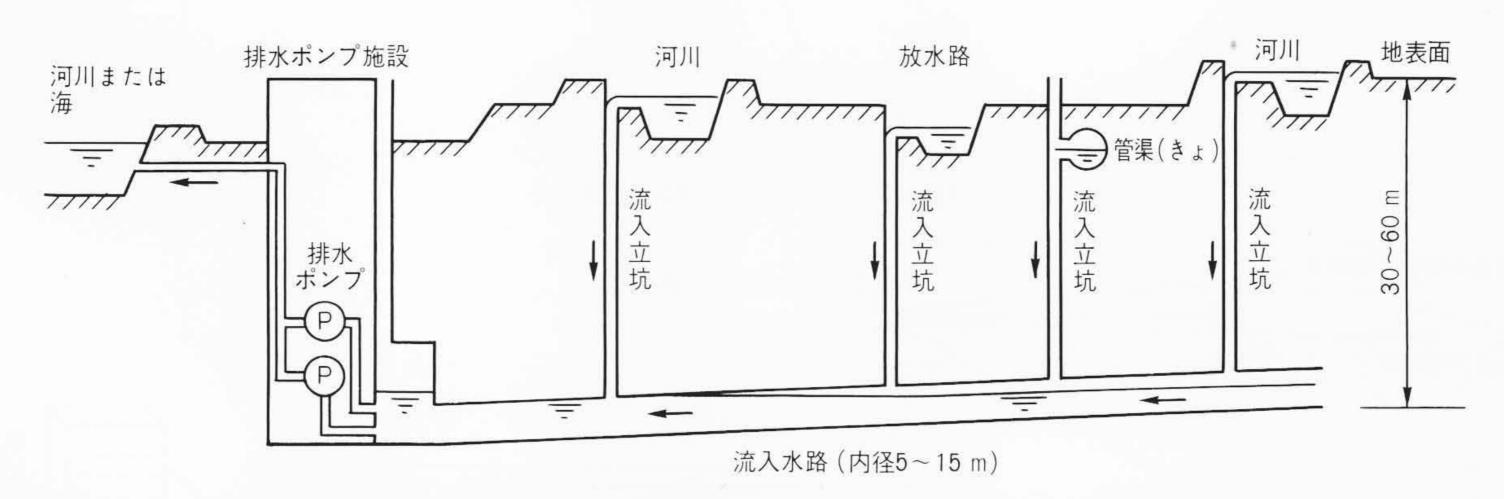


図2 大深度地下利用ポンプシステム概念図 大深度地下に流入水路を敷設し,水路内に貯留すると同時に下流端の排 水ポンプで河川または海に排水するシステムである。

- (2) すべての機器が屋外仕様であり、ポンプ建屋が不要であ 2.5 大深度地下利用ポンプシステム
- (3) 現地施工が簡単で工期を大幅に短縮できる。

などから, 用地費, 建築費などを含めたトータルコストの 低減を図ることができる。なお、リフト式ポンプはすでに5 機場への納入実績があり、順調に稼動している。

都市部では、治水対策のための用地取得が困難なため、近 年,大深度地下空間を利用した排水ポンプシステムが計画さ れている(図2)。

本システムでは、降雨時の雨水の流入パターン、流入水路 の貯留効果、ニューロ技術を導入したポンプ運転支援などを

考慮した,システム全体の流入量,排水量シミュレーション 技術が必要である。日立製作所では、開水路、閉水路が混在 する水路系の非定常流れの解析プログラムを開発し、計画時 点より最適なポンプ容量、台数、運転制御方法をシミュレー ションによって解析する技術を確立しており、大深度地下利 用ポンプシステムの計画設計に寄与する技術である。

③ 迅速で的確な判断情報を提供する治水・利水管 理システム

わが国は、年平均降水量が約1,750 mmで世界平均の2倍と多く、特に梅雨期や台風期に集中している。一方、人口一人当たりの年平均降水量は世界平均の1倍に過ぎない。さらに、山岳部と海岸が接近しており、急流河川が多い。このため、洪水、渇水の両災害の発生ポテンシャルの高い地形である。

このようなことから、安全で豊かな社会を支える国土保全と水資源開発を目指し、ダム建設や河川改修をはじめとする治水・利水施設の整備と、これらの施設を有効に機能させる管理システムの導入が積極的に進められてきた。

ここでは、最近の治水・利水管理の中核システムである河 (2 川情報システムとダム放流設備制御システムの動向について

述べる。

3.1 河川情報システム

建設省は治水・利水対策事業の一環として、十数年前から 全国の1級河川を対象とした河川情報システムを導入してき た。このシステムは、広域の水理・水文データを一元管理し、 河川管理業務を支援するシステムとして洪水時や渇水時に大 きな効果を発揮している。

しかし,近年ますます河川流域への人口,資産の集中化が進み,洪水災害・渇水災害は経済活動,国民生活に大きな影響を及ぼすものとなっている。このような状況に対応するため,従来システムの機能を大幅に増強した新河川情報システムの構築を推進中である。

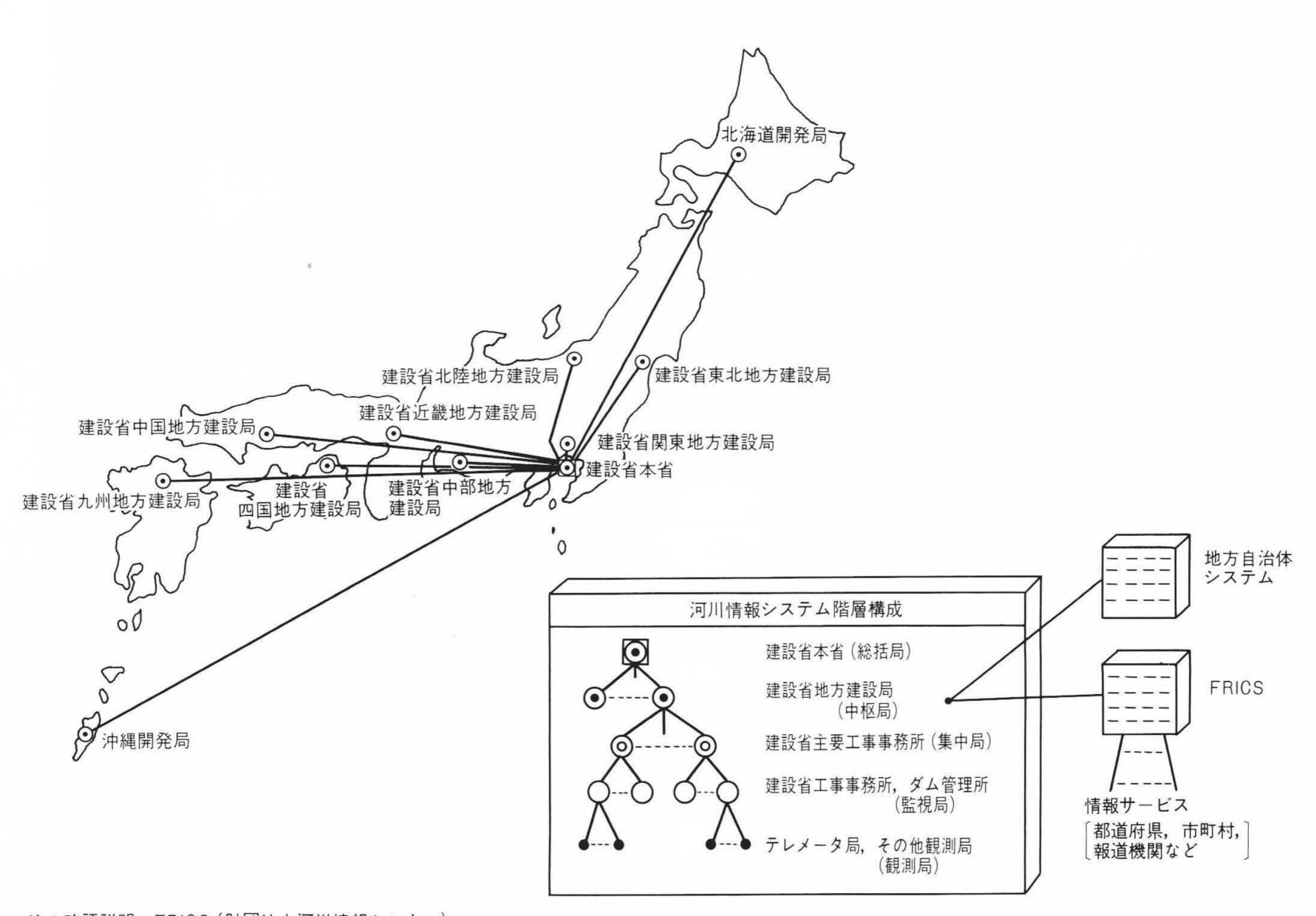
主な機能を次に述べる。

(1) 収集情報の拡大

従来の河川水位,河川流量,雨量,ダム諸量などのオンライン数値情報に加え,洪水予警報,水防警報,水防体制,ダム放流通知文,気象情報などのメッセージ情報および流域写真などのイメージ情報の拡充

(2) 情報表示機能の充実

オンライン数値情報,メッセージ情報などと流域地図の重



注:略語説明 FRICS (財団法人河川情報センター)

図3 河川情報システムの全体構成図 建設省本省(総括局)を頂点とした階層構成で,全国の | 級河川を一元管理している。

ね合わせによる画面のビジュアル表示

(3) 他機関との情報交換

FRICS(財団法人河川情報センター)への情報配信,地方自治体との情報交換による水防活動の一体化などである。

新河川情報システムの全体構成を図3に、建設省本省向け総括局システムの構成を図4に示す。この日立河川情報システムは、演算処理・情報集配信・データ保存用として制御用計算機(HIDIC V90/25)、図形処理やイメージ処理などの多機能なマンマシン装置としてエンジニアリングワークステーション(HIDIC ES-330、ES-2200、2050/32など)を採用した。これにより、河川管理者に対し、よりいっそう迅速で的確な判断情報が提供できるように機能アップされた。

3.2 ダム放流設備制御システム

ダム放流設備制御システムは,洪水調節,流水の正常な機能の維持,都市用水,かんがい用水,発電用水の確保などを目的とした多目的ダムの適正な維持・運用を図るダム管理業務を支援するシステムである。

このシステムに必要な主な機能を次に述べる。

- (1) 洪水調節に必要なゲート操作の目標値(目標放流量,目標 開度など)の算出
- (2) ダム管理業務に必要な情報(ダム貯水位,放流量,流入量,雨量,河川水位など)の記録,保存,転送業務の自動化・機械化

日立ダム放流設備制御システムの構成を**図5**に示す。このシステムの特徴は次に述べるとおりである。

(1) 機能分散の採用

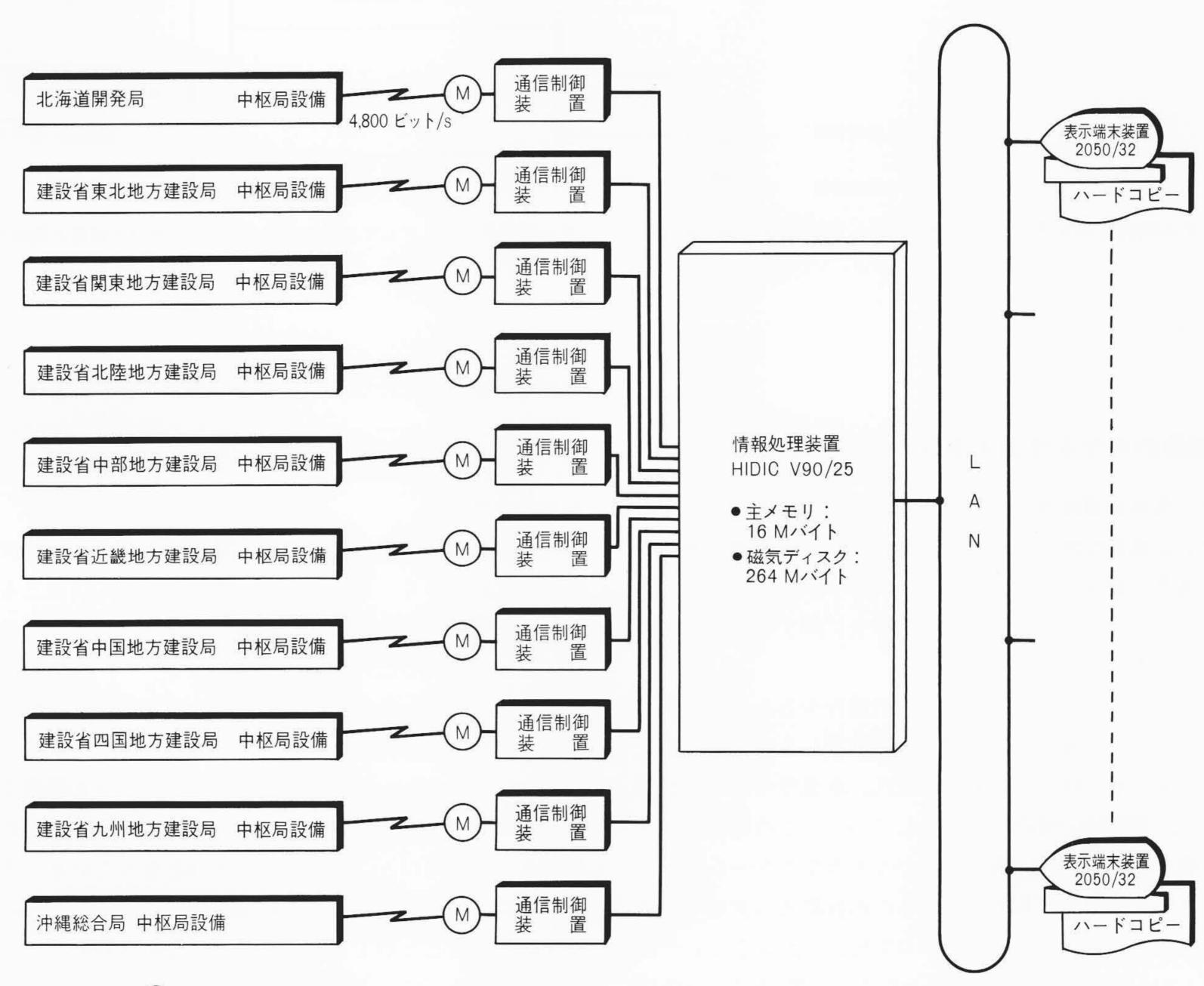
システムの処理性・信頼性・拡張性・保守性の大幅な向上 を図るため、操作系・情報処理系・マンマシン系にシステム を機能分散させた。

(2) ゲート操作支援機能の充実

運転員の操作性向上を図るため、音声によるガイダンス機 能を採用した。

(3) 光伝送装置の採用

誘雷対策, 信号ケーブル本数の削減のため, 光伝送装置を



注:略語説明 (M) [MODEM (変復調装置)]

図 4 建設省本省(総括局)システム構成図 建設省地方建設局(中枢局)システムとは通信回線で接続し、表示端末装置とはLANで接続している。

操作場所	機	側	_	ダ ム 管 理 所					
操作区分		個	別ゲ	_ h	操	作		トータル流量配分ゲート操作	
操作方式• 機能	● 手動操作 (開・閉操作)		* 			● 手動操作 (開・閉操作)	● 開度設定, 流量設定 操作	 半自動操作(洪水制御,平水制御,設定流量制御,維持流量制御) ●ダム諸量演算,保存,伝送 	● 表示,記録
装置区分	機側操作系		伝送系			入出力中継装置	専用コントローラ系	情報処理系	マンマシン系

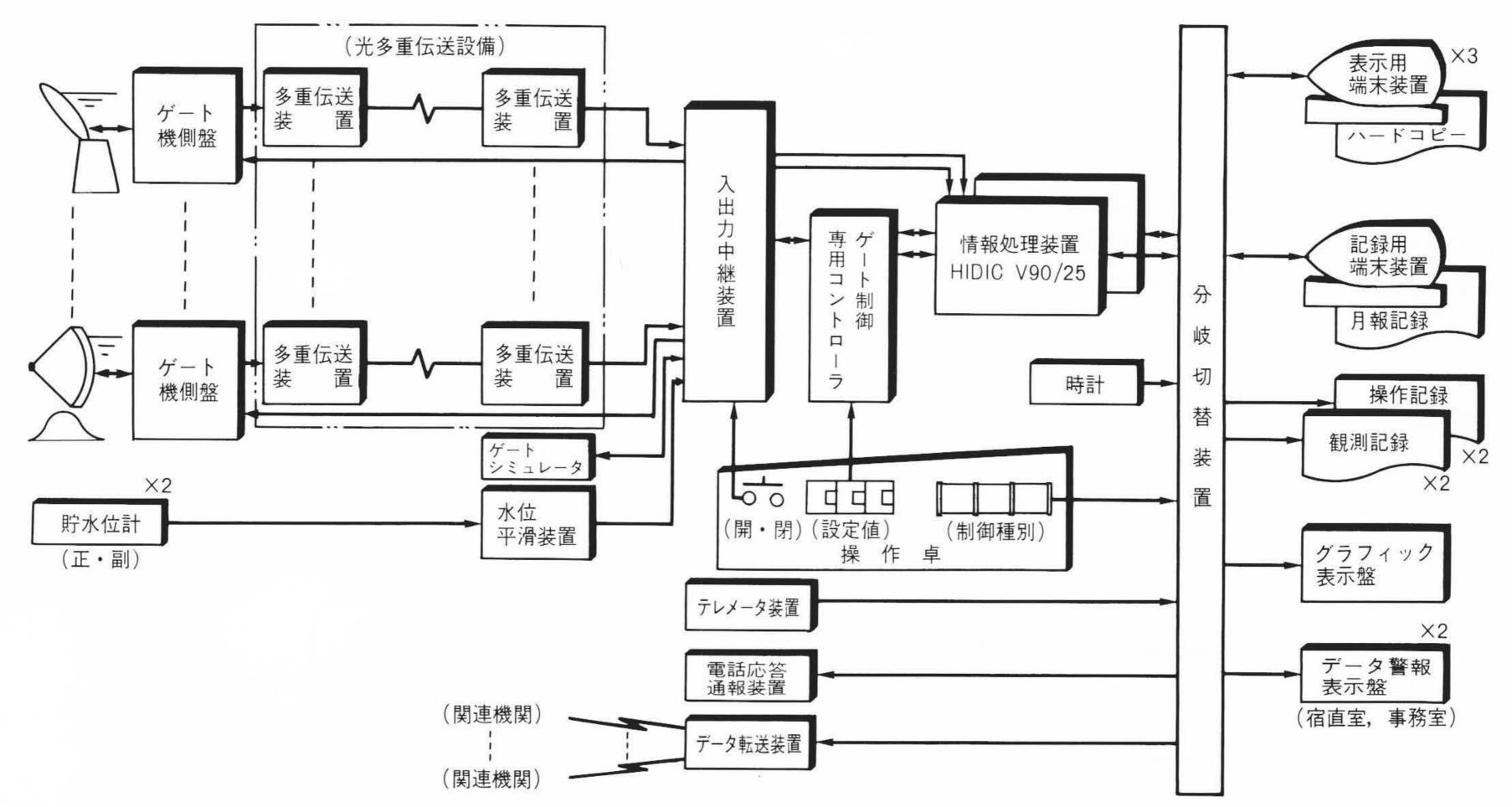


図 5 ダム放流設備制御システム構成図 建設省東北地方建設局寒河江ダム管理所納め,ダム放流設備制御システムの構成と装置の機能分担を示す。

採用した。

4 湖沼の浄化を予測するシミュレーション

治水・利水事業推進の上で、水源または調節機能を持つ湖 沼やダムは重要な施設である。近年、この湖沼やダムの水質 汚濁が大きな環境問題としてクローズアップされてきた。

ここでは,この湖沼やダムの水質保全に関する浄化シミュ レーションの現状について述べる。

湖沼やダムの水質保全には、汚濁の進行やあるいは水質浄化対策の効果を予測して、適切な手段を講じることが必要である。汚濁や浄化作用の効果は、流れ、水温分布などの影響を受けて、空間的・時間的に進行していく。この進行スケールは、数キロメートル、数か月という大きなスケールで、しかも流れや水温分布の影響を受けるため計測モニタだけで予測することは非常に困難であり、コンピュータシミュレーションによる予測技術の確立が重要となる。汚濁(あるいは浄化作用)の進行を厳密に取り扱う場合、三次元空間での流れの諸量、温度、汚濁物質などに対する微分方程式を連立して時間

発展的に解くことになり、膨大な計算量となる。しかし多くの場合、シミュレーションの対象となる湖沼の特性に合わせて、簡略化した方程式系を解くことで十分に有用な情報を得ることができる。

例えば、浅くて広い湖沼では、水温や汚濁度などの深さ方向の変化が小さく、水平面内の二次元問題として扱えることが多い。図6、7、8は、このような湖沼を対象に、シミュレーションを行った例である。

図6は、対象となる湖をシミュレーション用に多数の四辺形要素に分割したようすを表している。湖の大きさは、長さ約25km、幅は数キロメートルから10キロメートル程度で、水深は平均3mと浅い。湖の両端は川につながり10 m³/sの流入量がある流入河口と、一方は流出河口となっている。また、この湖には浄化設備が設けられており、湖には8 m³/sの清浄水を導水することができる。このような条件のもとで、以下の状況を設定してシミュレーションを行った。

- (1) 初期状態として湖水は清浄である。
- (2) ある時点から、流入河口よりもCOD(化学的酸素要求量)

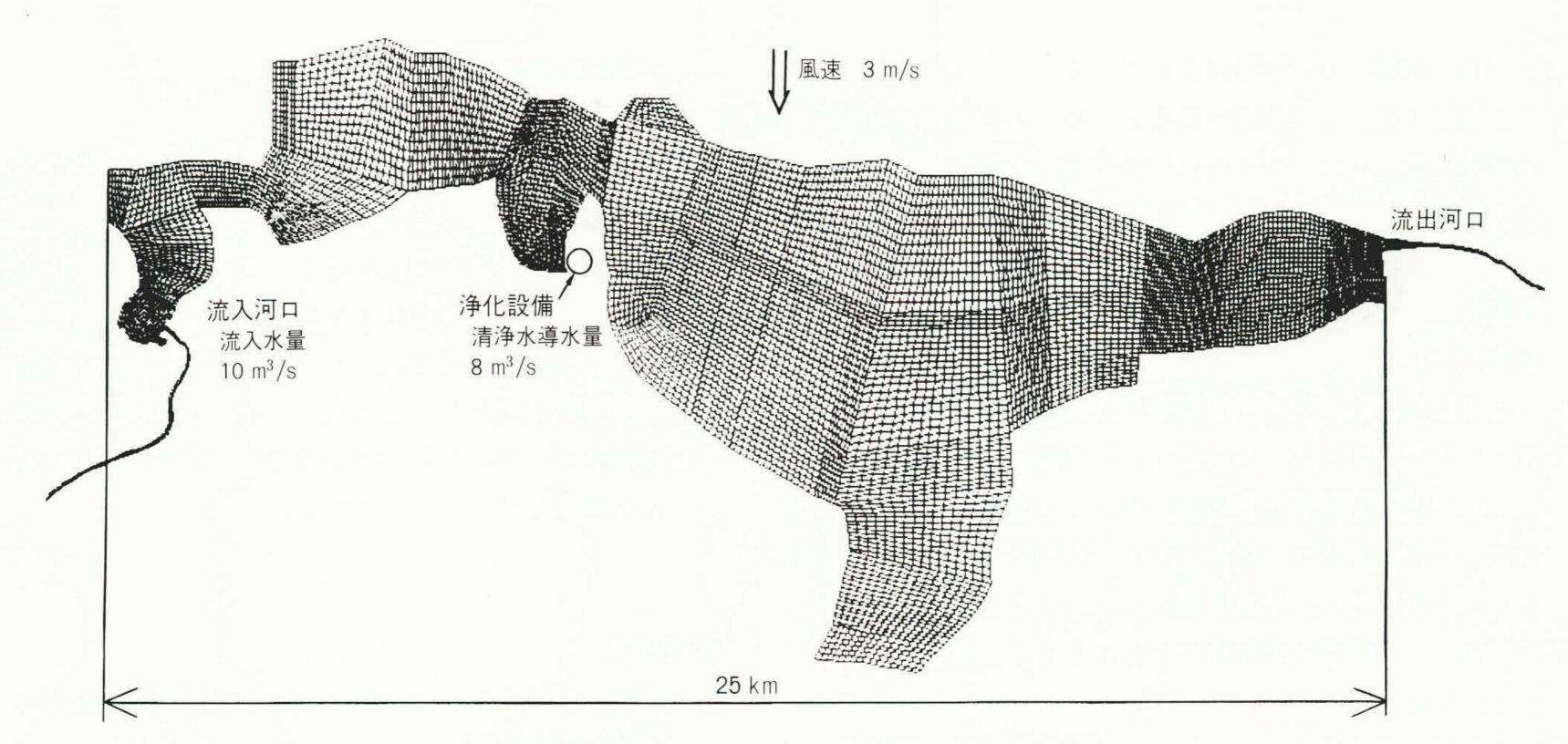


図 6 湖沼汚濁・浄化シミュレーション用要素分割図が可能である。

平均水深3mと浅く広い湖なので、深さ方向の変化を無視した二次元解析

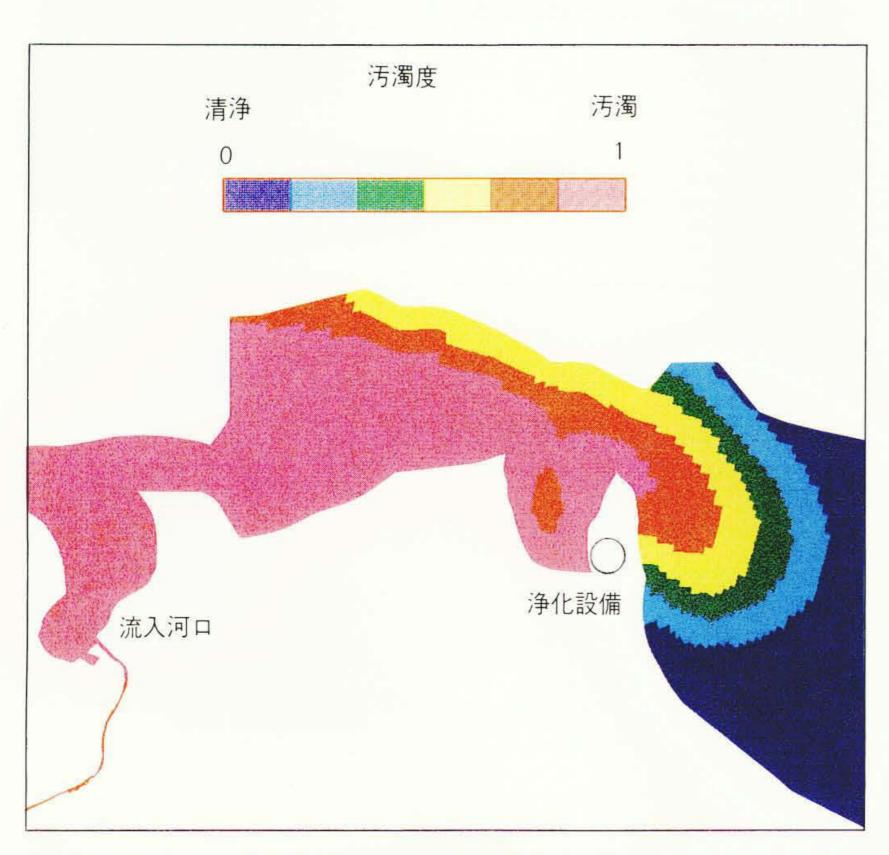


図7 汚濁水流入開始から2か月目の流入河口付近汚濁分布 流入河口から汚濁水が流入し始めて2か月目の汚濁分布を示す。この とき浄化設備は作動していない。

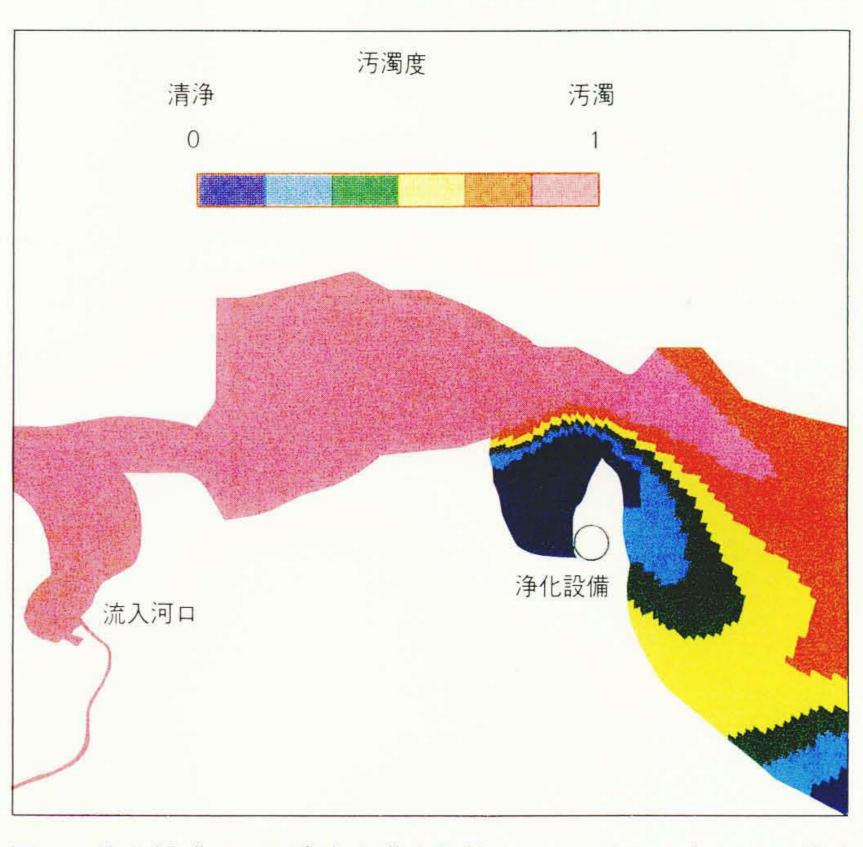


図8 浄化設備よりの清浄水導水開始から2か月目の流入河口付近 汚濁分布 図7の時点から浄化設備を作動させて、清浄水を導水して 2か月経過した状態を示す。

値の高い汚濁水が流入する。このとき,浄化設備は作動していない。この状態が2か月間続くとする。

- (3) 2か月目から浄化設備を作動させ、清浄水を導水する。ただし、汚濁水の流入は続いている。
- (4) なお,風は常に**図6**の上方から下方へ3m/sの風速で吹き続けている。

シミュレーションは,日立製作所機械研究所で開発された 有限要素法による非定常・非圧縮性流動,および物質拡散プ ログラムを用いて行った2)。

汚濁水の流入が始まってから2か月目の流入河口付近の汚濁状態を,図7に示す。汚濁水の流入により,流入河口から10km程度のあたりまで汚濁が進んでしまうことが予測されている。

図8は、清浄水の導水を開始してから2か月目の汚濁状況を表している。浄化設備を設置している湾内の水はほぼ完全に清浄となるが、汚濁水の流入が続いているために湖全体と

しては, 汚濁の進行が予測されている。

このように、流入水量や風など、多くの事項について条件を設定したとはいえ、4か月間の汚濁、浄化作用の進行がシミュレーションでわずか30分で予測することができる。

ただし、現状のシミュレーション技術には、まだ解決しなければならない課題も多い。例えば、湖沼の流れは、天候の変化などの原因で乱れを生ずるが、この乱れのモデル化をどのようにするか、また、湖沼やダムの水質変化には、各種物質からプランクトン、さらにはより高級な生物に至る連鎖的な反応が重要な因子となるが、そのような反応についてもモデル化に課題がある。今後これらの課題を解決するためには、多くの計測を行い、それと同時に対応するシミュレーションを実施して、両者を比較検討することで知見を蓄積していく必要がある。

したがって、シミュレーションを行う場合は、常に用いる プログラムの限界を明確に把握することが重要で、そうする ことにより、シミュレーション技術は湖沼やダムの水質保全 にとり非常に有効な手段となる。

5 おわりに

治水・利水システムの多様化、高度化したニーズに対応した新たな技術開発、成果の一端について述べたが、大深度地下利用治水システムや閉鎖水域での水質浄化システムは、今後事業が積極的に推進されるものであり、残された課題も少なくない。今後は開発されたハード、ソフト双方のシステム技術を有機的に適用し、これらをフィードバックしながらさらに充実させ、高い信頼性と安価で使いやすい治水・利水システムを確立していく考えである。

参考文献

- 1) 最新のポンプブロワ設備と電動力応用,日立評論,**70**,6,591~600(昭63-6)
- 2) M. Ikegawa, et al.: Three-dimensional Turbulent Flow Analysis in a Cleanroom by the Finite Element Method, ASME Advances and Application in Computational Fluids Dynamics, 161~167 (1988)