

安全で快適な暮らしのための水環境と水質保全

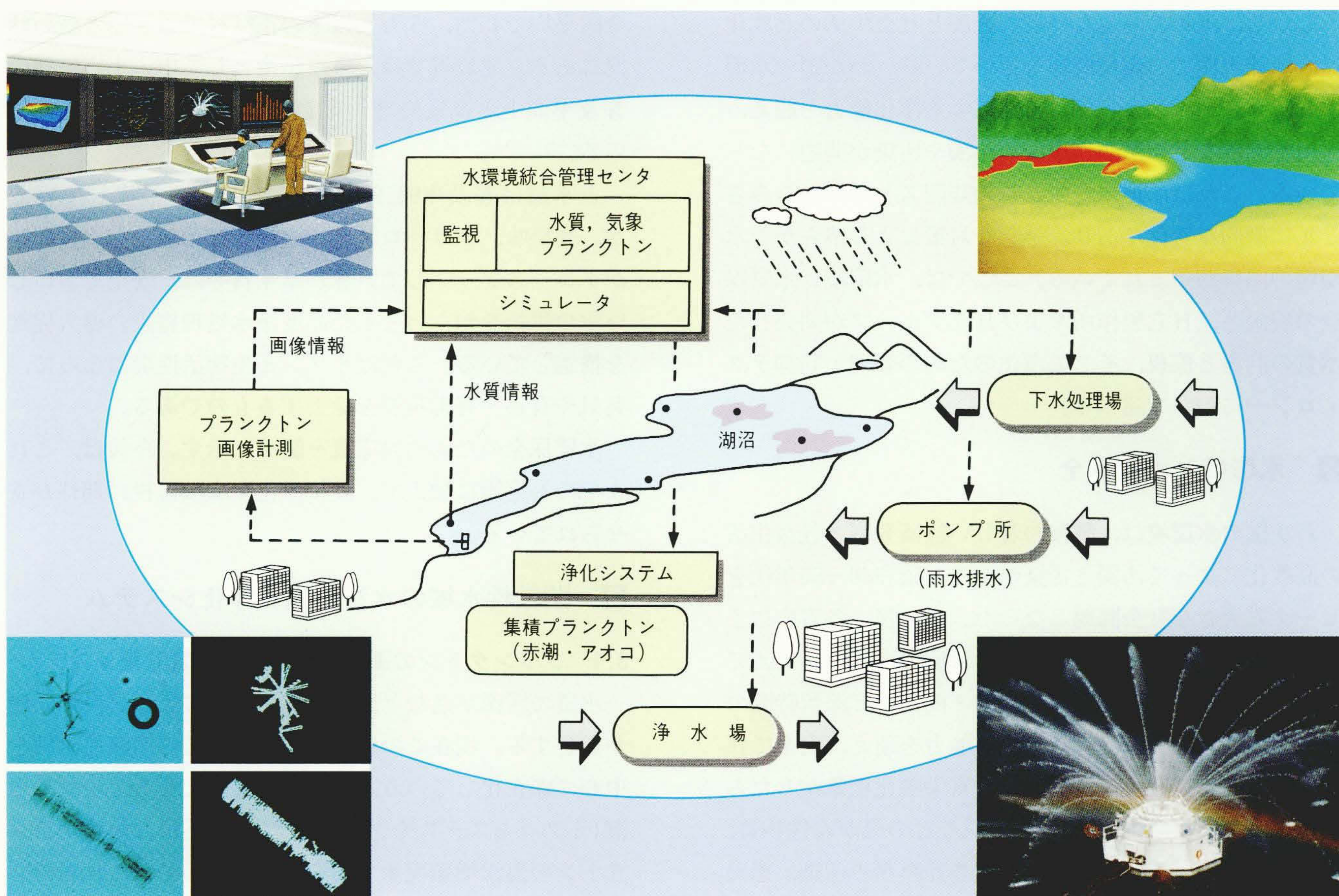
Water Environment and Quality Protection Technology for Safety Life and Amenity

依田幹雄* Mikio Yoda

益田利男** Toshio Masuda

馬場研二*** Kenji Baba

都築浩一**** Kōichi Tsuzuki



水環境と水質保全のためのシステム プラントクトンの画像計測や気象情報など広域でのきめ細かい計測と監視、そして閉鎖性水域の浄化などのシステムは、わが国での水質保全に貢献できる。

水は天と地を巡り、絶えることのない循環を繰り返している。河川や湖沼などの水源から取水した水は、浄水場で浄化・消毒されて都市に送られ、人類の「命の源」として社会生活の中で利用される。一方、都市で発生する生活排水や工場排水は、下水処理場を経て河川や湖沼、そして海域に戻される。

しかし、水質の汚濁が進むと、植物性プラントクトンが異常繁殖する富栄養化現象が発生し、異臭味問

題を招いたり、トリハロメタンなどの発がん性物質が生じたりして、日常生活の安全性と快適性を脅かすことになる。

水質保全のためには、広域での水循環を前提に、プラントクトンのようなマイクロなものの計測から広域的な監視、分析シミュレーション、そして、これらの情報を統合利用した各種浄化システムによって管理することが必要である。

* 日立製作所 大みか工場 ** 日立製作所 土浦工場 *** 日立製作所 日立研究所 工学博士 **** 日立製作所 機械研究所

1 はじめに

地球は46億年もの旅を続けている太陽系にあって、唯一「水の惑星」として生命をつくり育ててきた。人類は生物や植物とともに水に支えられて生命を維持し、水の恩恵によって社会生活を営んでいる。

しかし、近年の急速な経済の発展と社会生活の高度化は、地球規模での環境問題を招いている。わが国の水環境も、今や地域によっては自然による浄化能力を超え、河川や湖沼などの閉鎖性水域の汚濁や汚染が問題になっている。これは、地球誕生からの時間スケールから見ると正に劇的な変化であり、早急な対策による清らかな水環境の回復が望まれている。ここでは、水環境と水質保全の現況と、日立製作所および日立グループが開発した水質の計測と監視、そして浄化のための管理・制御テクノロジーについて述べる。

2 水環境と水質保全

わが国の水環境は、戦後の著しい経済発展と社会生活の高度化によって汚濁と汚染が進み、昭和40～50年代をピークに大きな社会問題となった。その後、各省庁による水質保全対策によってマクロには回復の兆しが見えている。しかし、河川や湖沼・内湾・内海など滞留時間の長い閉鎖性水域では、自然の浄化能力を超え、安全で快適な暮らしが得難くなっている。富栄養化現象がもたらす水道水の異臭味、トリハロメタンなどの発がん性物質、地下水の汚染、安全であったはずの井戸水の汚染、悪臭

などは日常生活の安全性と快適性を脅かしている。わが国での最近の水環境と汚濁・汚染の状況を図1に示す。特に湖沼などの閉鎖性水域の汚濁が回復しない状況にあることがわかる。

下水道の普及拡大は、水質保全を図る上で基本的かつ効果的な手段である。平成3年度末の下水道普及率は、全国平均で45%、5万人以下の市町村では8%と低い状況にある。建設省では、重点施策として中・小市町村の普及率向上と高度処理の推進による質的向上を掲げている。

上水道は普及率94.9%(平成3年度末)に達しているが、異臭味、トリハロメタン、農薬など新たな水質問題がクローズアップしている。厚生省では、安全でおいしい水の供給をねらいとした高度浄水処理施設の導入促進を推進している。これはオゾンと生物活性炭によって、臭気や有害・有毒物質を除去するものである。

水質保全のための対応策を図2に示す。今後は、これまでの対応策に加えて、直接浄化や広域監視に期待が寄せられている。

3 閉鎖性水域の水質監視と浄化システム

3.1 プランクトンの画像認識による水質監視システム

水質の汚濁が進むと、富栄養化現象による異臭味問題が発生する。現在この現象は、湖沼などの閉鎖性水域を中心に顕在化している。異臭味の原因となるアオコや赤潮(ミクロキスチスやウログレナなど)とは、植物プランクトンの異常増殖現象である。したがって、これらのプ

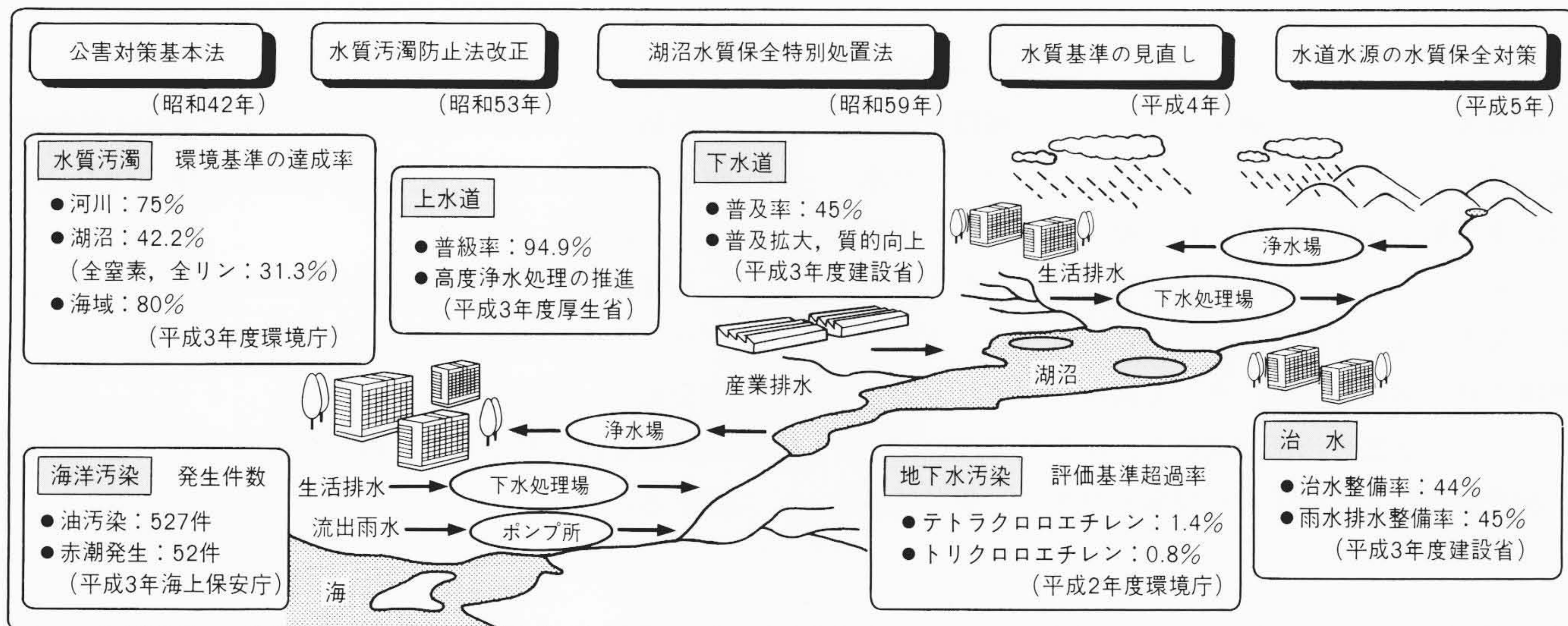


図1 水環境と汚濁・汚染の状況 湖沼などの閉鎖性水域の水質汚濁が問題となっている。また、治水対策や下水道整備が遅れている。

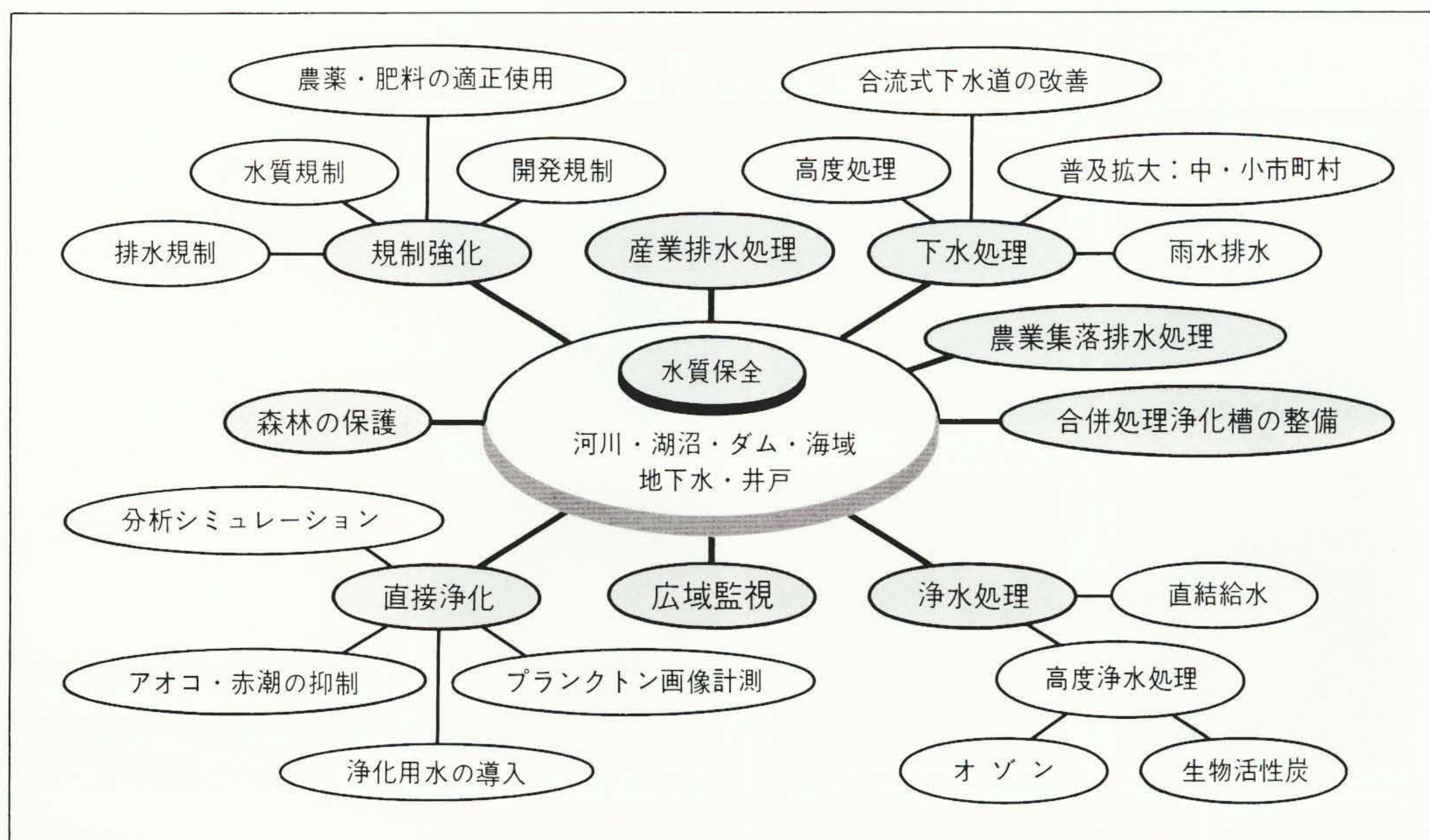


図2 水質保全のための対応策 これまでの対応策に加えて、直接浄化や広域監視に期待が寄せられている。

ランクトンの増殖現象を早期に検知できれば、アオコや赤潮の発生を予測でき、浄化システムの運転情報として利用することができる。また、湖沼の生物現象や汚濁現象の解明に役立てることができる。一方、将来的には浄水場の高度浄水処理設備の運転情報としても利用することも可能である。

これらを目的に開発した水質監視システムの構成と画像処理手順を図3に示す。このシステムは、顕微鏡を中心とする撮像系と画像処理専用のVLSIを内蔵した高速画像処理装置(HIDIC-IP)とで構成している。撮像系から取り込まれた原画像を、画像処理装置によって二値化

処理(濃淡を明と暗に区別)した後、各プランクトンのラベリング(番号づけ)と特徴量の抽出を行う。この特徴量とあらかじめインプットされているプランクトン特徴量の照合を行い、その識別・分類を行う。原画像とその識別結果を図4に示す。このシステムは、星形(ホシガタケイソウ)、長方形(オビケイソウ)など形状特徴量によって分類を可能とした。この分類結果を表1に示す。種類によって形状が決まっているプランクトンは、図3(b)に示す画像処理手順で得られる特徴量を組み合わせて6種類に分類することを可能とした³⁾。



図3 システムの構成と画像処理手順 顕微鏡を中心とする撮像系と、画像処理専用のVLSIを内蔵した高速画像処理装置で構成している。

植物プランクトン名	クンショウモ	オビケイソウ	ホシガタケイソウ
水中顕微鏡からの取り込み画像			
特定プランクトンにより識別した画像処理結果			

図4 原画像と識別結果 植物プランクトンが精度よく識別できる。これから形状特徴量を求めて分類する。

3.2 湖沼の浄化システム

水質汚濁が進んでしまった湖沼の浄化手段としては、(1)表層水の温度低下、(2)日光の遮断、(3)水の循環、(4)ばっ気、(5)浄化用水の導入、などが有効である。

これらの手段に着目して開発した具体的な浄化システムの一例を次ページの図5に示す。

例えば、噴水システムは、湖上に設置した船体にポンプを搭載し、水深約10 mの低温の湖水を大量に汲み上げ、加圧して多数のノズルから噴射、降下させる。この水滴によって、表層水の温度を低下させ、日光を遮断するため、プランクトンの増殖を抑制し、湖沼の浄化を実現している。なお、船体には、夜間照明設備と約30 mの高さ

に吹き上げ可能な噴射ノズルを搭載し、景観の向上と水に親しめる環境作りを実現している。噴水システムの仕様を表2に示す。

表2 噴水システムの主な仕様 船体は景観を考えて正八角形としている。

項 目	仕 様
船 体 寸 法	6.4 m×6.4 m(正八角形)
排 水 量	約30排水トン
ポンプ出力	90 kW
降 水 量	200 mm/h
降 水 範 囲	直径約50 m

表1 形状特徴量によるプランクトン分類 特徴量を組み合わせて6種類に分類できる。例えば、長方形のプランクトンの場合、面積/周囲長比と端点数を指標として分類できる。

形 状	星 形	円形1	円形2	線 形	長方形	不定形
特徴量						
面積・周囲長	小	小	大	小	大	大
穴の面積割合	小	大	小	小	小	小
長軸・短軸	小～中	小	—	大	中	—
円形状係数	—	大	大	小	中	—
端 点 数	中	中	—	小	大	—
備 考						

注：— (不定を表す。)

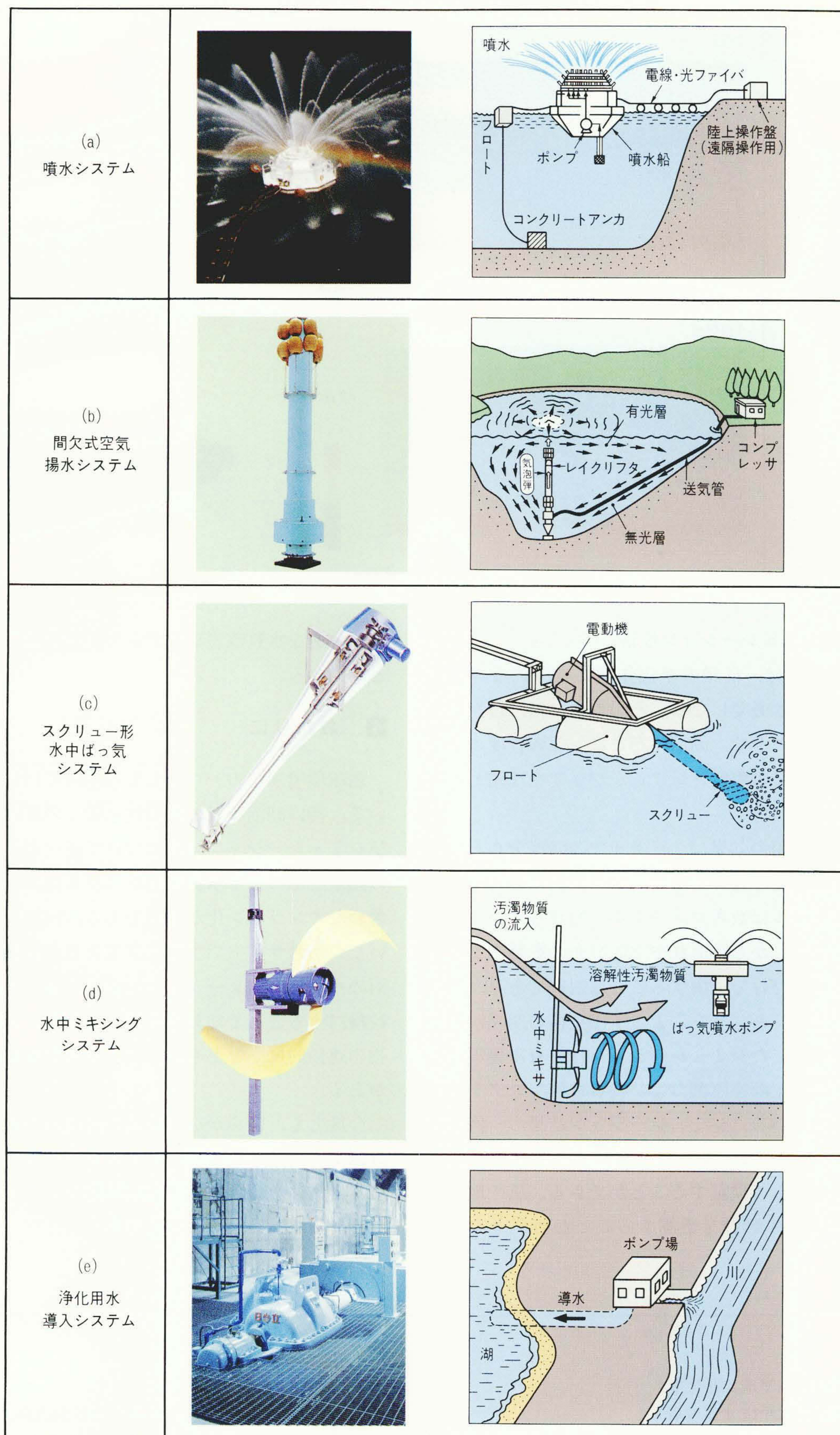
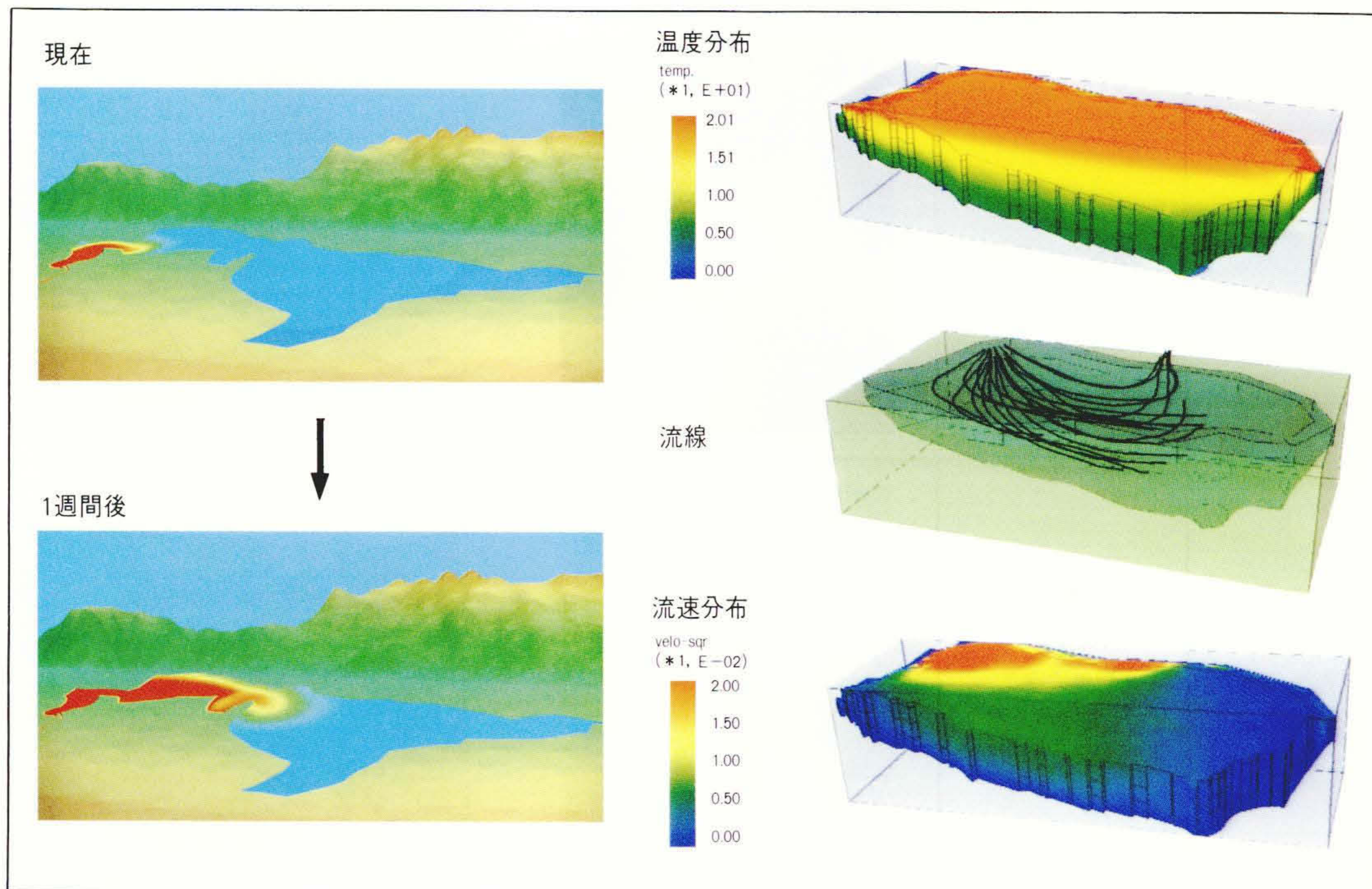


図5 浄化システム 浄化には、表層水の温度低下(a)、日光の遮断(a)、水の循環(b)、ばっ気[(c)と(d)]、浄化用水の導入(e)などが有効である。

図6 湖沼のシミュレーション結果の一例
有限要素法によって温度分布、流速分布などを計算し、水質の汚濁状況を予測することができる。



3.3 湖沼の水質シミュレーション技術

湖沼の水質保全には、自然の浄化作用と人工的な浄化システムとの連携が必要になる。そのためには、自然の浄化作用を踏まえた上で、湖沼のどこに、どの程度のシステムを設置し、どの程度運転するかが重要な課題となる。

水質汚濁や浄化作用の効果は、三次元での温度分布、流線、流速などの影響を受けて時間的・空間的に進行する。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開発が望まれていた。開発したシミュレーションは、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によって実現している。シミュレーション結果の一例を図6に示す⁴⁾。このシミュレーションによって汚濁の過程なども時間を追って検証することができる。風や地形などが水質に及ぼす影響を予測することが可能とな

り、最適な水質改善システムの計画や設計に役立てることができる。

4 おわりに

地球環境問題の一つとして呼ばれている水質保全について、特に湖沼などの閉鎖性水域での計測と浄化、およびシミュレーション技術について述べた。プランクトンの画像認識による水質監視システムは、今後、撮像系も含めたオンライン化が課題である。各種浄化システムは、いくつかのサイトですでに実用化され稼動している。湖沼の水質シミュレーション技術は、多くの計測結果と比較検討することで知見を蓄積しながら、天候の変化や生物の連鎖的反応なども取り扱えるモデルに拡張する必要がある。

今後とも、清らかな水環境の回復のために、ミクロな計測からマクロな監視、シミュレーション、そして、これらの情報を統合利用した広域的なシステム構築を目指して技術開発を進める考えである。

参考文献

- 1) 環境庁：環境白書(平成4年度版)
- 2) 建設省：建設白書(平成4年度版)
- 3) 大淵, 外：画像処理による植物プランクトンの識別, 第4回環境システム自動計測制御国内ワークショップ論文集

266~369(平4-9)

- 4) 桑原, 外：治水・利水システムの新技术, 日立評論, 73, 12, 1141~1148(平3-12)