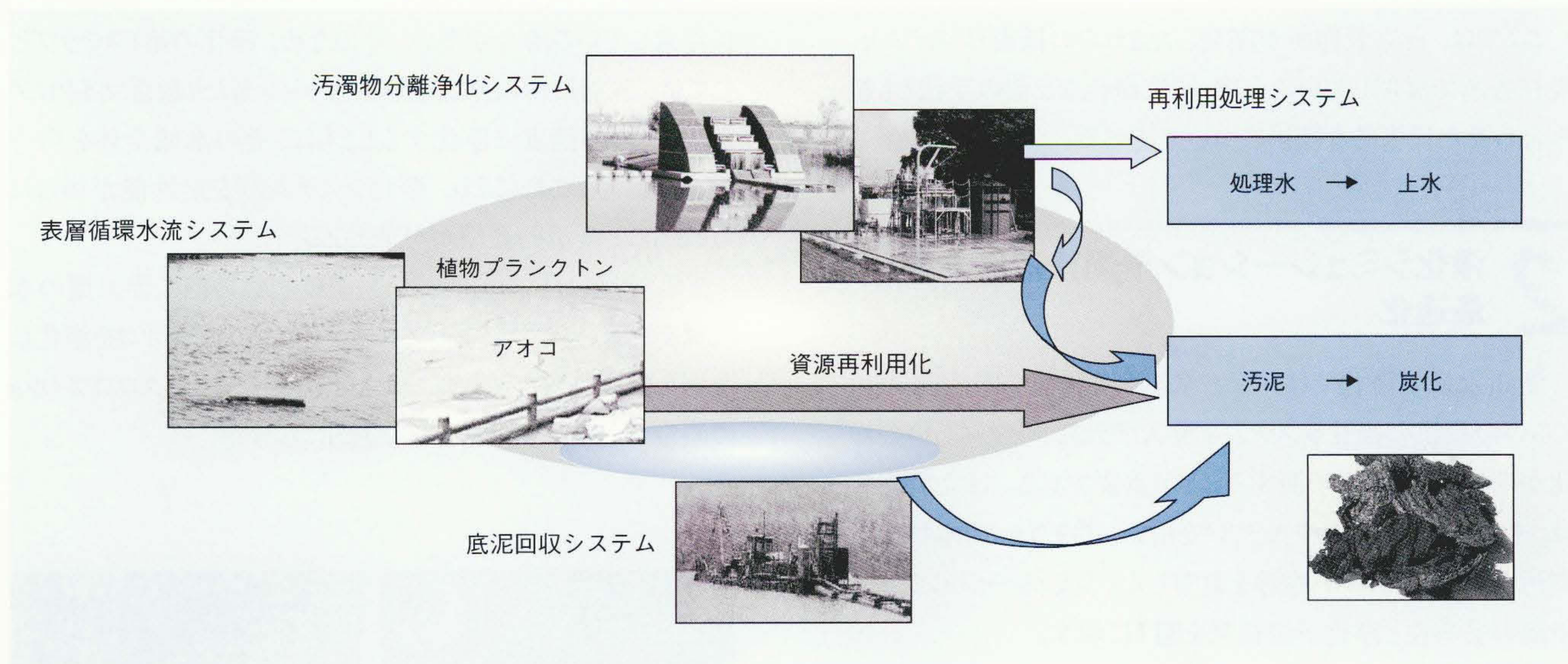


資源循環型経済社会に貢献する 閉鎖性水域複合浄化システム

Complex Purification Systems for Closed Waters in Resource Circulatory Economic Society

仲平 四郎 Shirô Nakadaira
吉川 慶彦 Yoshihiko Yoshikawa

都築 浩一 Kôichi Tsuzuki



閉鎖性水域複合浄化システム

アオコなど、閉鎖水域に発生する汚濁物を、汚濁状況に応じたシステムを組み合わせることで効率よく回収し、資源として再利用を図る。

湖沼や池などの閉鎖性水域では、富栄養化の進行、水の滞留および汚泥のたい積などにより、アオコや淡水赤潮など植物プランクトンの大量発生が世界各地で普遍的に見られるようになり、景観や生態系の変化、悪臭、有毒物質などによる水質の悪化が深刻な社会問題となってきた。これらを抜本的に解決するためには、富栄養化の原因となるリン・窒素などの栄養塩やたい積汚泥を削減する必要があるが、水域の広域性や発生汚泥の処理の面で経済的負担が大きい。

日立製作所は、汚濁状況や経済的状況に合わせ、しかも浄化経過に応じて設備を増設できることを視野

に入れて、表層の局所的汚濁水域を選択的に浄化できる「水流発生システム」、太陽エネルギーと微生物の浄化力を利用した「ひも状化学繊維式生物処理システム」、リン栄養塩を高速処理する「小型超電導磁気分離リン除去システム」などを開発し、きわめて即効的な効果を得た。今後は回収汚泥を資源として再利用する循環化を図り、かつ維持管理を含め、閉鎖水域浄化事業全体としてコストパフォーマンスのよいシステムの構築を目指し、そのための基盤技術の開発と複合システムの実用化を各所で展開している。

1 はじめに

湖沼は、水資源や生態系維持の場として貴重である。しかし、多くの水域で人間の活動に起因したリンや窒素など栄養塩が過大に流入し、その結果、アオコや淡水赤潮などの植物プランクトンの大量発生と、それに伴う水質悪化、景観悪

化、悪臭などの問題が各地で発生している。琵琶湖や霞ヶ浦などの大湖沼では活発な浄化活動が展開されているものの、ため池など約30万個の小規模水域のほとんどでは、対策が未着手の状態となっている。一方、海外でも湖沼の汚濁は深刻で、淡水資源の欠乏や生態系の変化など、地球規模で環境に影響を及ぼす(特に、人口増に対する水不足、水不足に起因する食糧不足など)のではないかと考えられている^{1),2)}。

水域の浄化にあたっては、対象が広範なだけに、浄化経過を監視しながら維持管理を含めた事業全体の低コスト化はもちろんのこと、湖沼水や発生汚泥の再利用を考慮した循環型システムの構築が重要である。

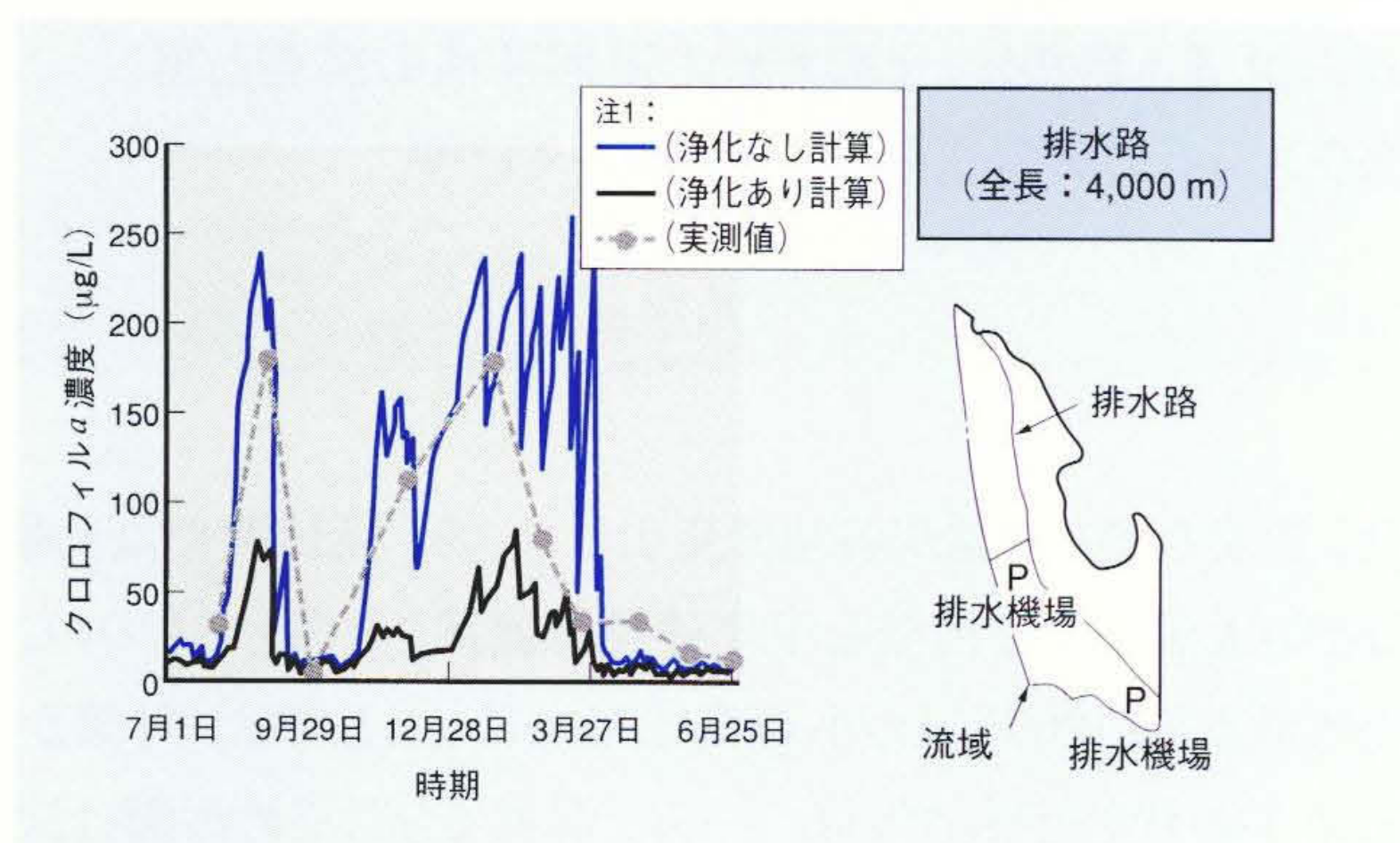
日立製作所は、汚濁といっても表層や底層、しかも局所的で全体が均一でないことが多いことに着目した浄化手法、太陽エネルギーや微生物の浄化力などを利用して省エネルギーを図ったシステム、リン栄養塩を高速除去するシステムなどを開発し、各所で実証試験を実施した。その結果、きわめて即効的な効果を得た。

ここでは、日立製作所が開発したこれらの技術・システムと、現在各所で展開している土壌・植生浄化など他の手法とも組み合わせた代表的な技術について述べる。

2 浄化シミュレーション予測技術による最適化

閉鎖水域の浄化では、貯水量と汚濁状況に応じて、どのくらいの規模の浄化システムを導入すれば、どのくらいの浄化が期待できるかを予測することが重要である。日立製作所は、生物シミュレーションモデル³を用い、約9万m³の水域の年間汚濁(クロロフィル a)推移を計算した。シミュレーションによる予測の妥当性と浄化予測結果を図1に示す。

このシミュレーションでは、夏場のピークレベルなどを含め、全期間で実測値とほぼ合致することから、約80%の浄化・除去性能をめどとして、容量や配置位置をパラメータに、装置総量で日量が水域全体量の約 $\frac{1}{20}$ の規模のものを導入すれば、一応の浄化目標を達成できることがわかった。このように、汚濁水域の状況に応じて最小規模の装置で最大効果を得るためには、容量や分散配置など各種ケースについての検討が必要となる。したがって、コストパフォーマンスを視野に入れた浄化計画では、この種のシミュレーション検討が不可欠である。



注2：略語説明 P(Pump)

図1 約9万m³の閉鎖水域の浄化予測結果

処理量1,000 m³/dの生物処理装置5台を分散配置することにより、最大の浄化効果をねらった。

3 表層の循環水流化による浄化システム

閉鎖水域では、植物プランクトンの汚濁でも、クロロフィル a 濃度がリットル当たり数千から数万マイクログラムの膜状の浮遊状態から、均一混合した数十マイクログラムの濃度までばらつきが大きい。上記の解析で用いる浄化システムでは、リットル当たり数百マイクログラムレベルの、均一混合の汚濁状況を対象としている。しかし一般には、リットル当たり数千から数万マイクログラムレベルで局所的に汚濁し、かつ表層だけに浮遊している場合が多い。そのため、浄化の第1ステップとしては、表層に循環水流を作り、リットル当たり数百マイクログラムレベルの濃度に浄化するとともに、その水域全体を均一混合化する。これにより、浄化システムの安定性能が得られるとともに、経済的運用が可能となる。

アオコで覆われた局所的な高濃度状態の池に浮上型的水流機を導入し、表層に循環水流を発生させてアオコを浄化した例を図2(b)に示す⁴⁾。また、水流機によってクロロフィル a の濃度が急激に減少した例を図3に示す。

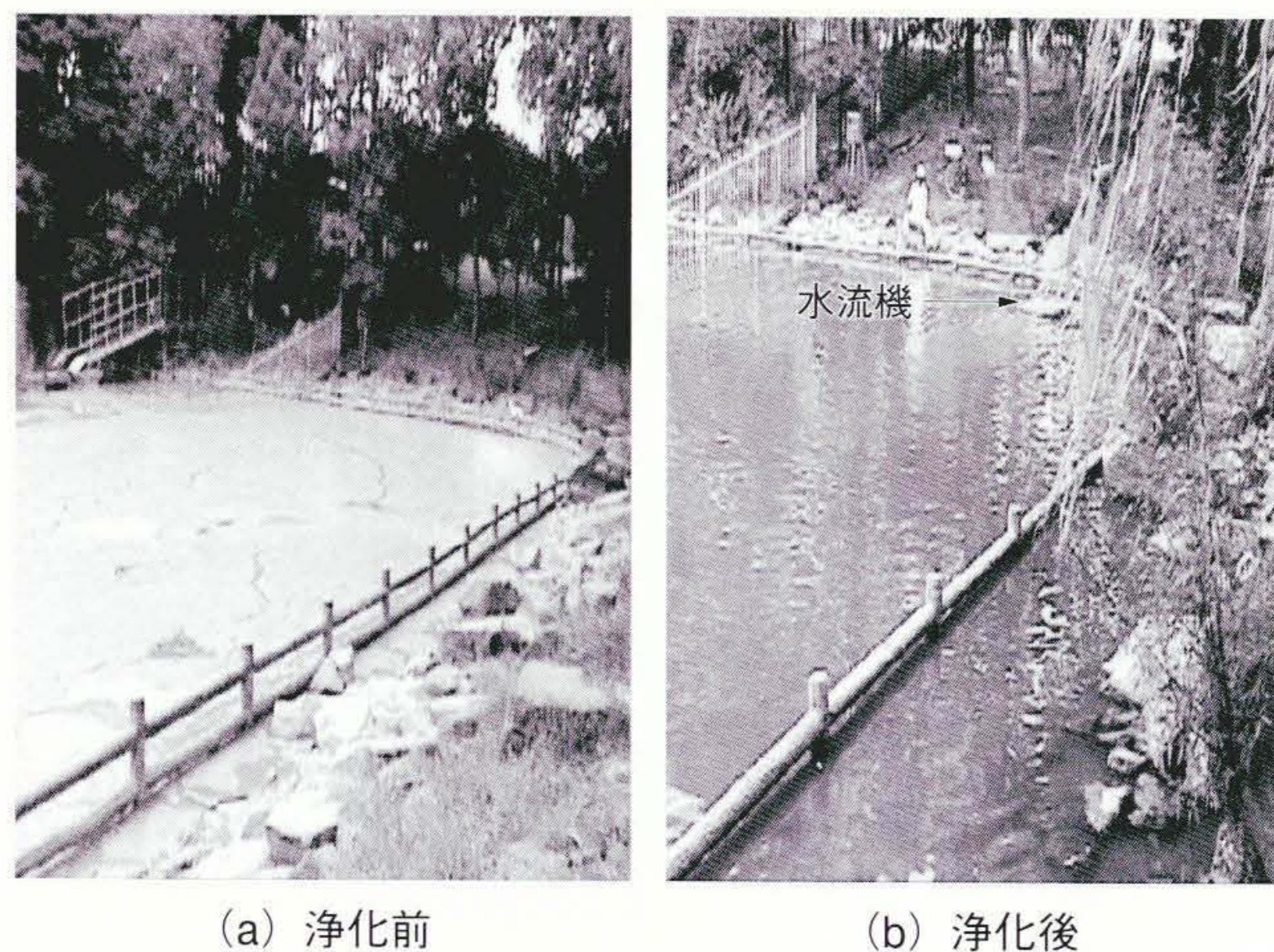


図2 水流機によって浮遊アオコを浄化した例

厚さ数ミリの浮遊アオコが除去され、釣り人が訪れるようになった。

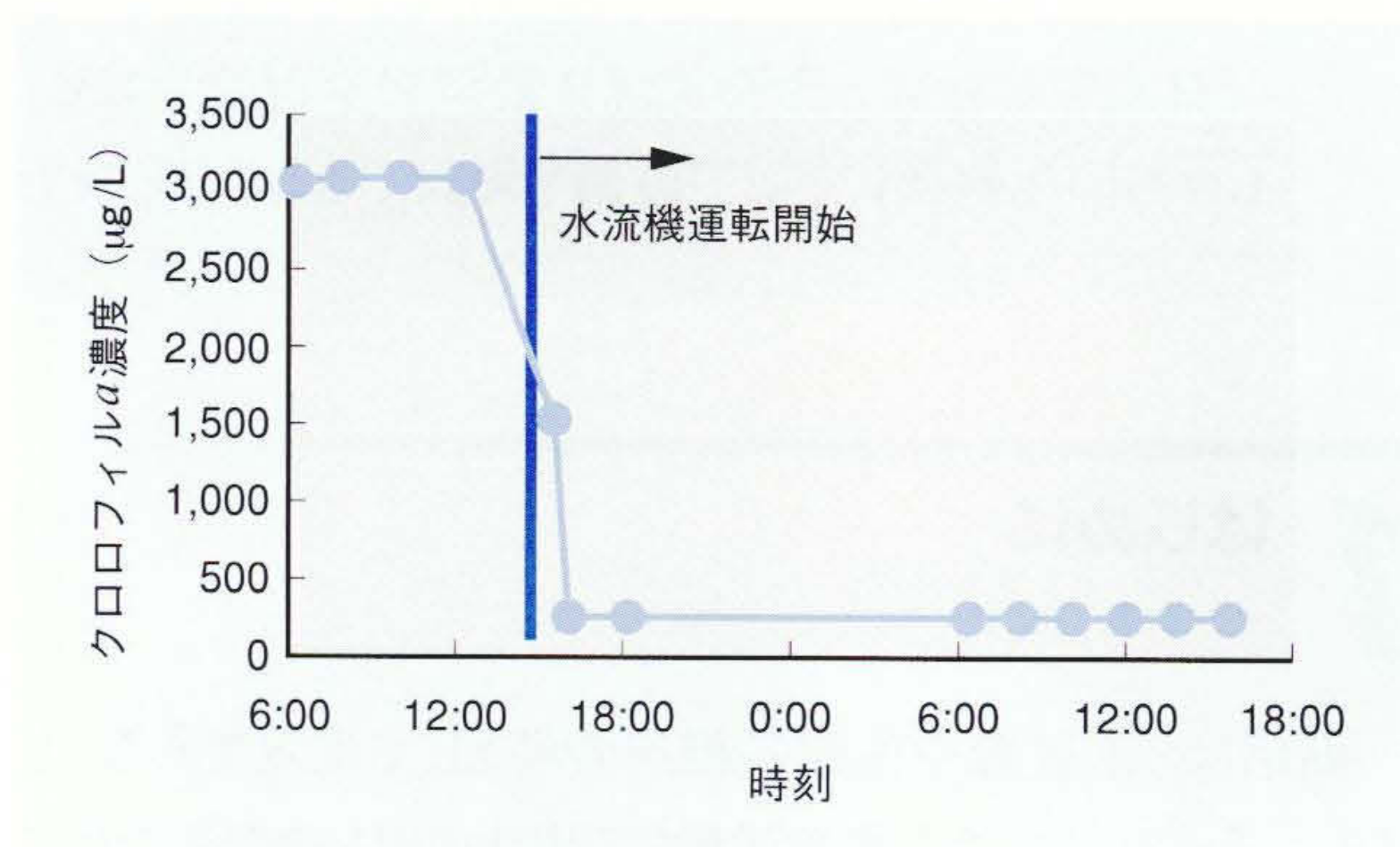


図3 水流機導入によるクロロフィル a 濃度の変化

1,000 µg/Lのクロロフィル a 濃度が約8時間で数百マイクログラムレベルに低下し、翌日以降も低いレベルを維持した。

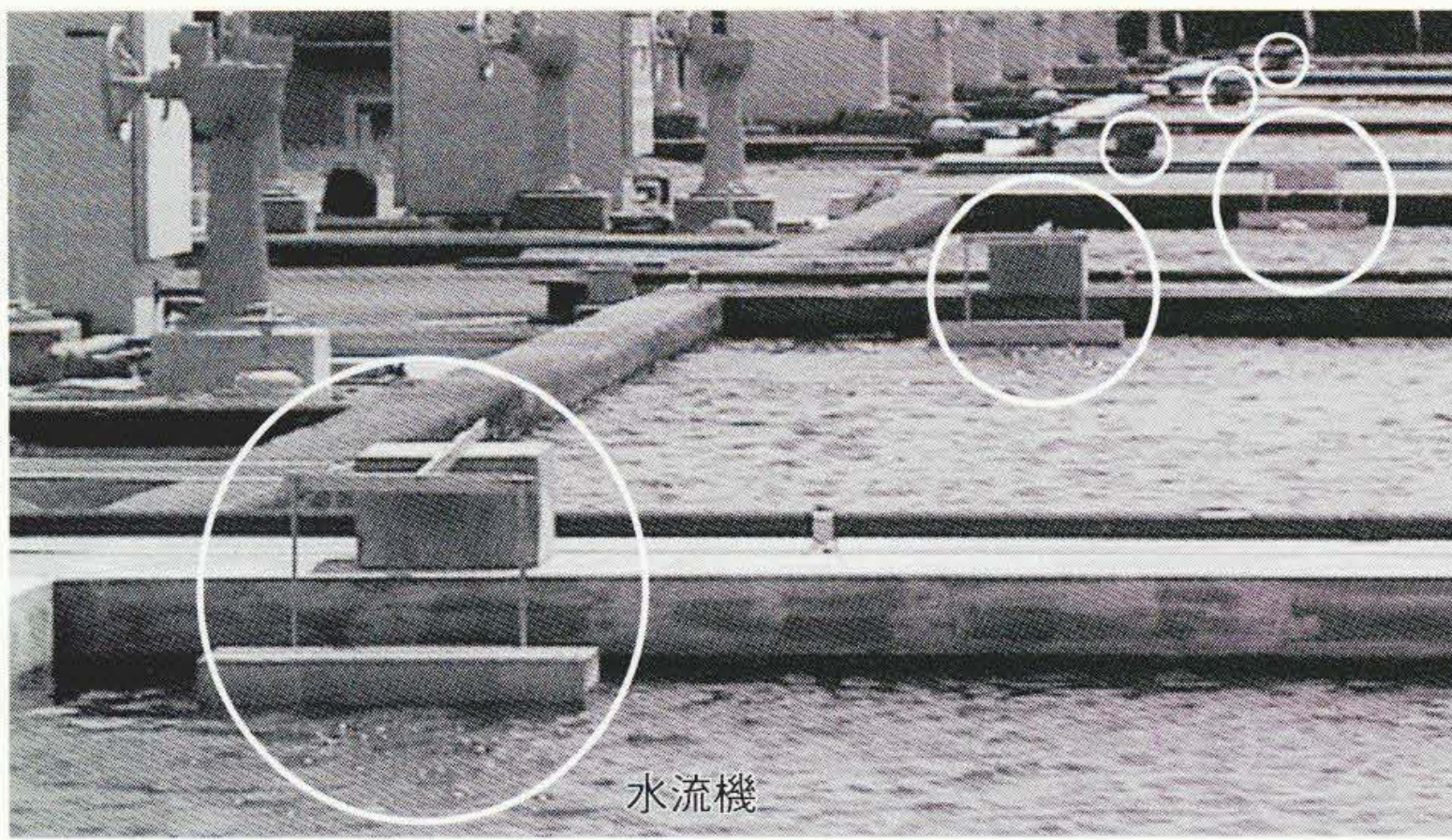


図4 浄水場の汙過池に水流機を導入した例

一つの汙過池に4台、計28台の水流機の導入により、毎年発生していたアオコによる汙過閉そくなどの障害を一気になくした。

このように、表層を循環水流化する「水流発生システム」により、表層の高濃度汚濁を各所で除去することができた。景観阻害や悪臭にはこのシステムで十分対応できるものとする。

小型の浮上型水流機の導入によって浄水場の汙過池でのアオコの大量発生をなくした例を図4に示す。

4 汚濁物分離浄化システム

クロロフィル a 濃度がリットル当たり数百マイクログラム程度の浄化では、数マイクロメートルから数十マイクロメートルの大きさの植物プランクトンを汚濁粒子として湖沼水から分離処理する必要がある。この場合、比表面積の大きい接触材を用い、湖沼水中の微生物をできるだけ多く付着生息させて、上記の汚濁物を捕そく、分解する「生物処理システム」が有効である。

これは、浄化エネルギーに微生物の浄化力を利用し、汚泥の一部が炭酸ガスと水に分解されて汚泥量が少なくなることから、経済的なシステムとして一般に広く採用されている。

さらに、通水やばっ気の動力源に太陽エネルギーを用いると、いっそうの省エネルギー化を図ることができる。接触材にひも状化学繊維を用い、通水ポンプとばっ気ブローの動力源にソーラパネル発電を利用した「ひも状化学繊維式生物処理システム」の構成を図5に示す。財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構との実証実験で、ソーラ稼働の高い昼間の12時間の運転だけでもクロロフィル a の除去率が約80%の浄化性能を確保でき、その電力の $\frac{1}{2}$ 程度をソーラ運転で賄うことができた。また、年1回程度の汚泥回収の保守で維持管理ができた。

栄養塩除去の効率向上をねらいとして、「ひも状化学繊維式生物処理システム」を陸上に設置し、土壌・植生浄化と水流機を組み合わせた複合システムによる「ため池浄化」の実証試験を、農林水産省および農業工学研究所と共同で推進している。

一方、リンや窒素などの栄養塩除去は植物プランクトンの大量発生に対する抜本的対策にはなるが、汚濁粒子の大きさがマイクロメートルオーダーかそれ以下であることから、生物処理では除去率が低い。そのため、特にリンについては、一般に、凝集剤を用いて汚濁粒子を粗大化して除去するシステムとしている。これには、凝集沈殿法を用いるのが一般的である。

日立製作所は、凝集剤に磁性粉を追加し、強力な磁気力によって高速処理を可能とした、全体としては凝集沈殿法よりも経済的な「小型超電導磁気分離リン除去システム」を開発

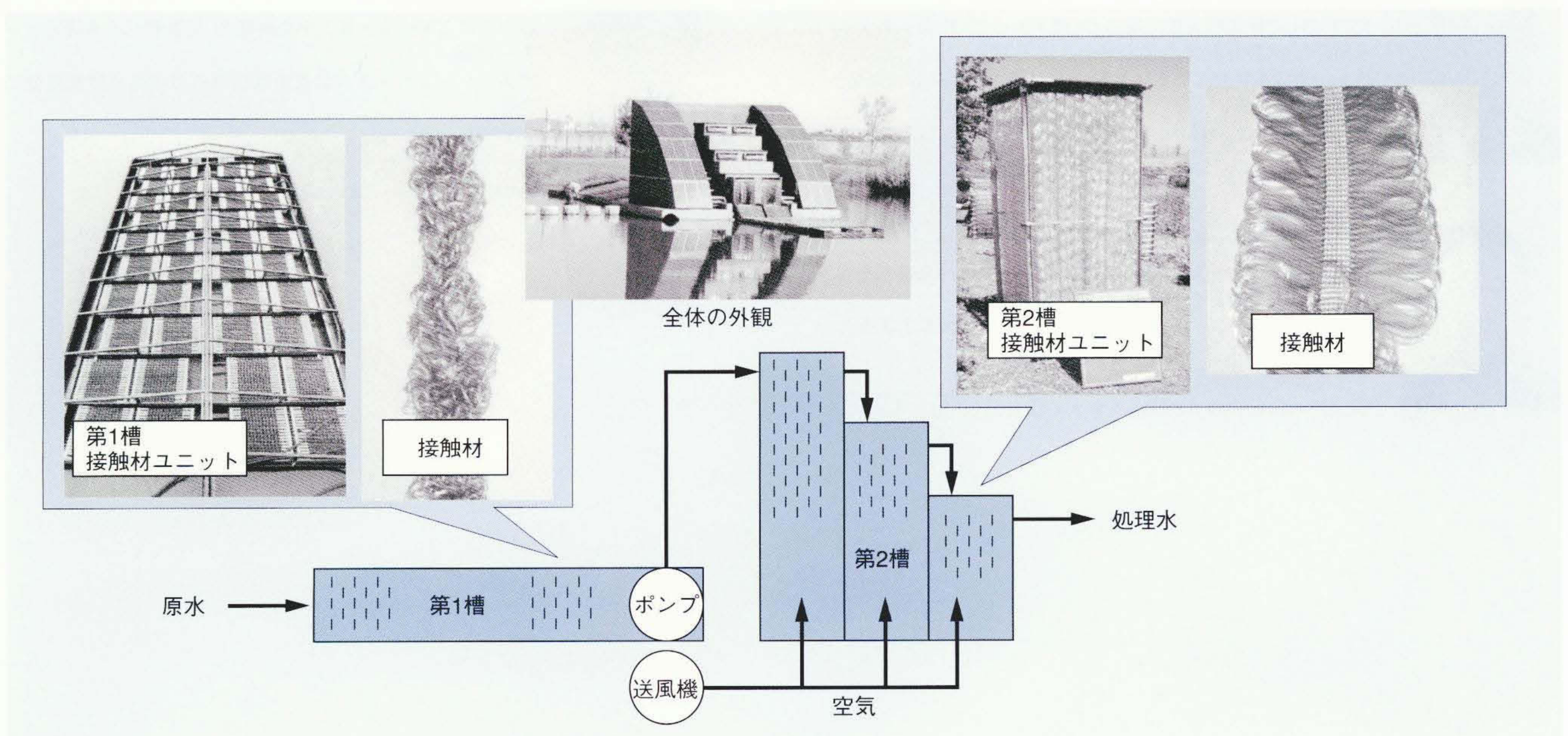


図5 太陽エネルギーを利用した「ひも状化学繊維式生物処理システム」の構成

通水ポンプやばっ気送風機の動力源にソーラパネル発電を利用し、昼間の12時間運転だけでも高効率の浄化性能が得られた。

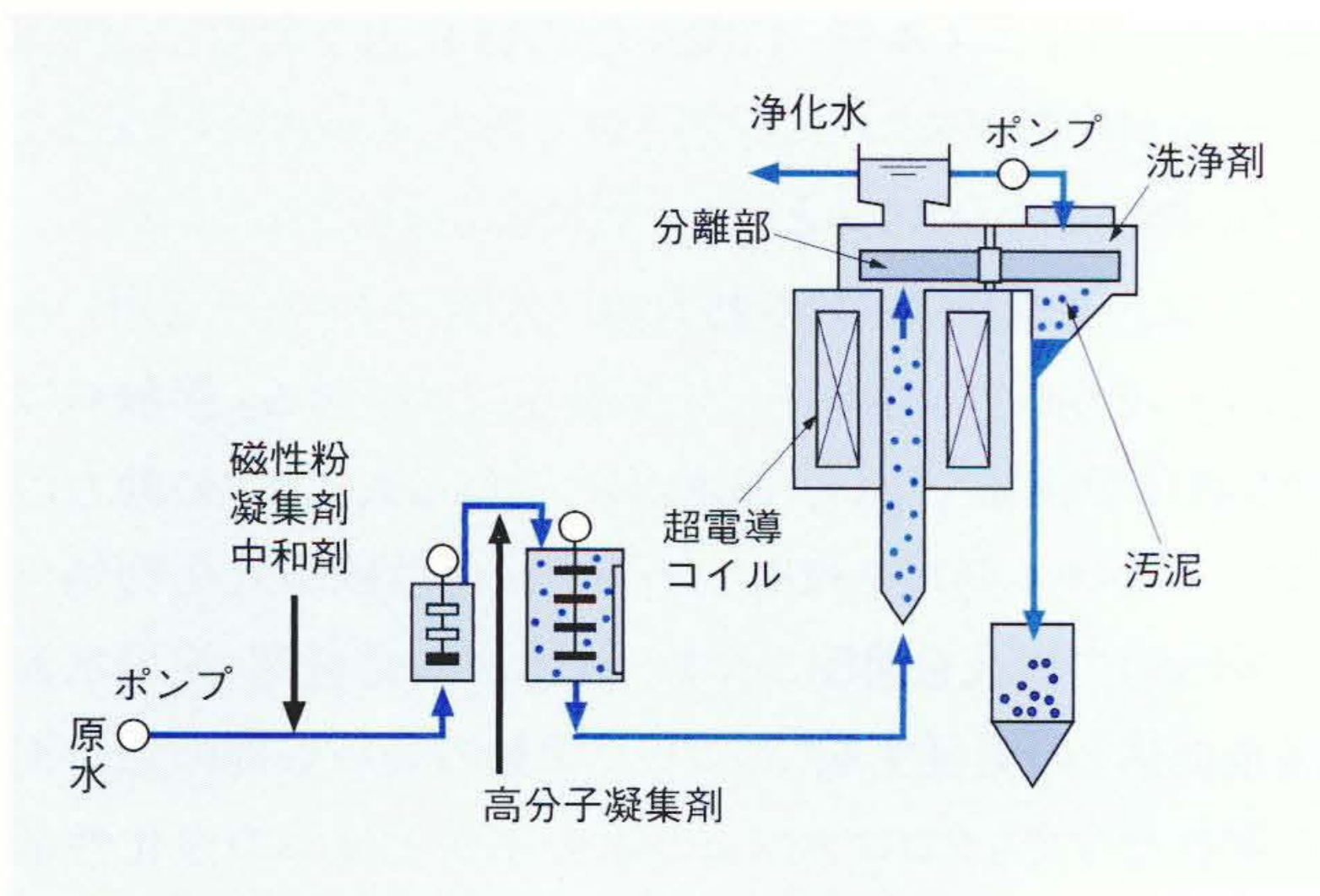


図6 小型超電導磁気分離リン除去システムのフロー

超電導磁気力により、小型装置でのリン除去の高速処理を可能にした。

した。このシステムフローを図6に示す。水域の全量または流入量を浄化対象としていることから、装置の規模は、日量数千から1万m³を想定している。現在、財団法人エンジニアリング振興協会の委託研究として、小規模装置を用い、下流側で植生浄化と組み合わせて実証試験を進めている。この実証試験でのリン除去性能では、安定して平均90%以上の高効率を得ている。

5 おわりに

ここでは、資源循環型経済社会に向けた閉鎖性水域複合浄化システムについて述べた。

閉鎖水域の汚濁は大半が植物プランクトンによる有機性のものであり、地形や気候など地域ごとにその濃度や形態は多岐にわたる。したがって、ここで述べたようなシステム装置を単に導入するだけではなく、風向きや滞留域、季節変動を含めた微生物の生態などに応じた、最小規模で最大効果を発揮できるようなシステムの複合化や、その水域固有の配置・運転計画を立てる必要がある。

ここで述べた浄化技術レベルに達するまでには、浄化に携わる学識者や各方面の研究機関から多大のご意見・ご指導・ご協力を得た。各種実証試験については財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構、農林水産省、農業工学研究所および財団法人エンジニアリング振興協会の関係各位に、共同実験者の立場で多岐にわたってご指導を賜った。

ここに深く謝意を表するとともに、今後、さらに優れた水環境浄化手法の提案に向けて、いっそう努力していく考えである。

参考文献

- 1) S. E. Jorgensen:第9回世界湖沼会議基調講演(2001.11)
- 2) 滋賀県琵琶湖研究所:世界の湖, 人文書院(1993.1)
- 3) 松岡:霞ヶ浦富栄養化モデル, 国立環境研究所報告54号(1984)
- 4) 水流機を用いた表層水循環によるアオコの抑制, 第9回世界湖沼会議講演論文集, pp.252~255(2001.11)
- 5) 太陽エネルギーを用いたひも状接触材による水質浄化実験, 第9回世界湖沼会議講演論文集, pp.497~500(2001.11)

執筆者紹介



仲平四郎

1971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 土浦製品本部 公共システム部 所属
現在, 水環境浄化エンジニアリング, 浄化システムの開発, 製品設計に従事
E-mail: shirou_nakadaira @ pis. hitachi. co. jp



吉川慶彦

1975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, ファン, プロワ水圏浄化などの事業推進に従事
ターボ機械協会会員
E-mail: yoshihiko-yoshikawa @ pis. hitachi. co. jp



都築浩一

1978年日立製作所入社, 中央研究所 先端デバイス研究センター 所属
現在, ハードディスク装置や通信用デバイスの研究開発に従事
工学博士
日本機械学会会員
E-mail: ktsuzuki @ cri. hitachi. co. jp