

循環型水環境の現状と展望

臼井 正和(うすい まさかず)

木田 友康(きだ ともやす)

多田 弘(ただ ひろし)

① 地球環境変化の動向

20世紀は、高度な科学技術の発展により豊かな文明社会を実現した。しかし、その一方では人類の生活基盤である地球環境に大きな負担をかけた時代であった。資源の大量消費や環境への大量・多種の廃棄物排出は、地球規模での保有資源の減少、先進国を中心とした大気・水・土壌環境系の破壊、その結果として生態系の不均衡化を及ぼし、これらは、もはや地球の復元能力を超えるものとなった。

21世紀の社会・環境については、次のようにいわれている。世界人口は、開発途上国を中心として増加が続き、2050年には100億人を突破する。地球温暖化は、今後に特段の対策を講じなかった場合は、10年あたり0.3℃上昇し、今世紀末には現時点より約3℃上昇する。オゾン層破壊は、既定の規制が遵守された場合は、同層の減少が見られ始めた1970年代末の水準へ2045年ごろに回復する。しかし、開発途上国での急激な経済活動の立上げと不十分な政策下での化石燃料の大量消費により、大気汚染、酸性雨、有害廃棄物の越境移動などの環境破壊が進行するとの予測である。

わが国においては、少子化による人口増加率の減少が続き、人口は2010年をピークとして減少すること、特に若年層の減少による労働力の低下が大きな問題であり、経済社会そのものの持続可能性の低下が懸念されている。環境への影響の一つとして、温室ガスである二酸化炭素の吸収源としての森林の保全能力の低下が挙げられており、今後のエネルギー消費に関して、生産、流通、消費といった経済活動の各段階での一層の抑制が必要となろう。これらのことから、今世紀は、前世紀が残した負の遺産と、それに加えて今後しばらくの間は増大するであろう環境悪化との共生を強いられざるを得ない。

② 日本の水環境の動向

自然界では、水は、蒸発 降雨 貯水 土壌浸透 地表流出 水利用 海洋流入への循環系を構成しており(図1)、その過程で汚濁物質が浄化されるメカニズムとなっている。

日本では、河川に沿って都市が形成されてきた。水利用の利便性からである。最初に下流域に都市が発展し、人口の増加とともに中・上流域にも都市が開拓された。都市の生活排水は、汚水処理され河川に放流された。このため、下流域では、中・上流域の生活処理水がその水源となった。時期を同じくして、都市の治水・利水能力の向上を目的として、ダム、人造湖などの人工的貯水が行われた。これらは、洪水・渇水を抑制する一方で、日本特有の急しゅんな河川による短期間での水循環系を長期化させた。さらに、技術が高度化し、生活の一側面では有益とはいえ、自然環境下では浄化が困難なさまざまな化学物質が製造・利用され、環境に排出された。

このような、水を繰り返し利用する形態、停滞水域の出現による自然流下能力の低下、難浄化物質の環境への流出は、わが国の水循環系の浄化能力を超え、水系内への汚染物質の蓄積・濃縮を加速させ深刻な問題となった。今後、PRTR(環境汚染物質の排出・移動登録)制度、環境会計などの政策が進化したとしても、水系内に残存する汚濁物質の早急な除去は困難であり、水環境の飛躍的な改善は期待できない。

われわれにとって必要なことは、今後、いかにして環境への排出負荷を自然界本来の浄化能力以下に抑制し、環境悪化に歯止めをかけていくかということであろう。

③ 富士電機の水環境保全への取組み

富士電機は、長年の間、水処理のスペシャリストとして、水環境のセンサ、プロセス制御、システムの技術開発に携わってきた。今世紀も継続する上述の課題に対して、ソリューション技術を提供し、健全な水環境の形成に貢献していく。

以下にセンサ・プロセス制御技術について述べる。

湖沼などの閉鎖性水域における課題は、富栄養化の進行による都市用下水源としての水質悪化である。特に最近では、藻類の異常増殖による異臭味、藻類毒などの利水障害が高頻度で発生している。富士電機は、湖沼内の水理・生



臼井 正和

上下水道、環境分野の電気・計測システムに従事。現在、電機システムカンパニー環境システム本部環境システム事業部長。電気学会会員、計測自動制御学会会員。



木田 友康

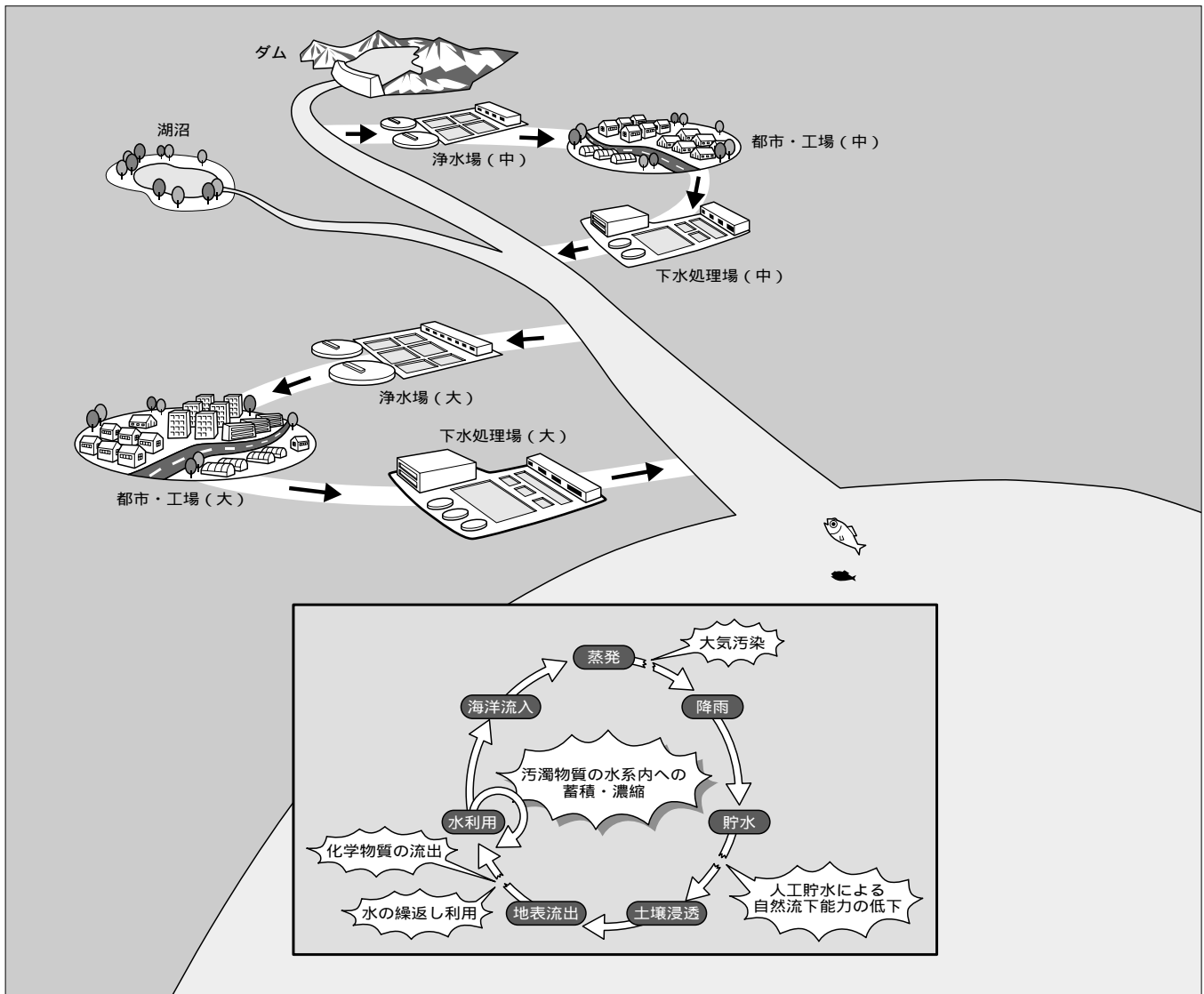
電気・電子制御機器の製品開発企画、上下水道の電気・計測システム設計に従事。現在、電機システムカンパニー環境システム本部水処理システム事業部長。電気学会会員。



多田 弘

上下水道の電気・計測システム設計に従事。現在、電機システムカンパニー環境システム本部水処理システム事業部公共技術部長。電気学会会員、日本水環境学会会員、環境システム計測制御学会会員。

図1 日本の水環境イメージ



態系をモデル化し、窒素・リンの栄養塩濃度，日射などの条件から藻類増殖をシミュレーションする技術を開発している。これを活用することで，中長期的な水質保全計画に向けての有益な情報支援が可能と考えている。

上水道における課題は，水源対策（突発性水質事故，病原性微生物，富栄養化，環境ホルモン，地下水汚染など），浄水過程での消毒副生成物対策（トリハロメタン，臭素酸など）である。各種物質の迅速検知とリスク低減を目指したプロセス制御が望まれている。富士電機は，刻々と変化する水環境をオンライン監視するセンサ群を豊富にラインアップしている。水道原水の水質事故用センサとしては，油膜センサと急性毒物バイオセンサを保有している。日本の水道原水は，約70%が河川・ダムなどの表流水に依存しており，これらは生活影響を受けやすい。

全国の一級河川への油の流出，農業をはじめとする化学物質の流出による水質事故は，年間500件以上も頻発し，水道の取水停止被害が発生している。油膜センサは，観察水面で反射したレーザ光の偏光を解析する測定原理であり，目視能力を超える油膜検知を可能とした。また，検出部が

水面と非接触なため維持管理の長期化が可能であり，測定原理にレーザ光路長の要素を含まないため水面の波立ち影響を受けないという特長を持っている。急性毒物バイオセンサは，下水生物処理で活用されている硝化菌に対する毒物暴露による代謝阻害を検知するもので，広く普及している魚類の挙動監視に比べて低濃度の毒物検知を可能とした。さらに，水道原水のトリハロメタン生成能計も発売準備を進めている。本装置の測定値を基にして，浄水場の活性炭注入，凝集沈殿，塩素注入の各工程へのフィードフォワード制御を可能にした。

上水プロセス制御では，消毒副生成物を抑制する高度浄水処理システムを開発した。オゾンによる高度浄水処理は，オゾンの強力な酸化分解による異臭味除去などに効果が大い一方，近年では，海風に由来する臭化物との反応による新たな消毒副生成物である臭素酸が問題視されている。富士電機は，オゾン酸化反応過程の解明，および実プラントでのフィールドテストを重ね，オゾン処理本来の目的である異臭味除去，病原性微生物の不活性化，トリハロメタン生成能の低減を図りつつ，残存オゾンコントロールによ

る臭素酸生成の抑制を両立する制御システムを構築した。これにより今後広く普及するであろう高度浄水処理システムへの一層の安全性が期待できる。また、同じく消毒副生成物質であるトリハロメタンの浄水・送配水過程における増加シミュレーションによるトリハロメタン低減化システム、浄水中の微粒子カウント方式の高感度濁度計を活用した汙過池洗浄システムなど、最近の浄水課題への適応システムを広く保有している。

下水道における課題は、流入水への化学物質混入対策、放流水の高度処理対策である。事業所排水が流入する下水処理場においては、全国的に前者の事故が散発し、活性汚泥の壊滅などの危機的被害が発生している。富士電機は、下水用の急性毒物バイオセンサと毒物混入時の処理システムの開発を進めている。これらが実用化すれば、毒物流出の早期発見による被害の局所化、下水排出元に対するけん制にもなり、リスク管理が強化されることから期待が大きい。

下水道のプロセス制御では、オンライン型のプロセスシミュレータを開発中である。嫌気・無酸素・好気法（A2O法）などの高度処理プロセスは窒素・リン除去に優

れる一方で、処理プロセスの十分な機能発揮のためには細心の運転管理が必要である。特に、雨水流入による低流入負荷時は、運転パラメータの再設定が必要となる。富士電機は、生物処理反応をモデル化して各種運転条件における処理水質を予測できるシミュレータを完成した。流入下水の量質変動に左右されることなく、水循環系の富栄養化抑制に貢献できる。

富士電機は、上述の水環境を24時間見守るセンサ群、処理プロセスの潜在能力を最大限に発揮するプロセス制御技術を用いて水環境への保全技術を提供していく。

参考文献

- (1) 環境行政調査会編集・環境行政総覧・環境保全研究会出版、1998、p.20-22。
- (2) 中杉修身・環境化学物質の管理とバイオアッセイ・環境庁未来環境創造型基礎研究推進制度プロジェクト講演要旨、2001。
- (3) 田中宏明・バイオアッセイの下水道への利用・環境庁未来環境創造型基礎研究推進制度プロジェクト講演要旨、2001。

解説 バイオアッセイ

環境中の化学物質が人や生物に及ぼす影響を評価するための一手法である。具体的には、細胞、細菌、小型生物を用いて化学物質の暴露による有害作用を検出するものである。数限りない化学物質の生体への影響を個別に評価することは不可能であるため、総合的に

評価できるこの手法が最近の環境リスク管理に活用されている。

バイオアッセイへの期待は、簡便、低コスト、多数の化学物質の複合影響の把握であり、課題は本手法と人体との定量的な関係の把握である。



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。