

湖沼、河川で活躍する水質モニタリングシステム

小林剛士

(株) 堀場製作所

概要；近年、湖沼や河川、地下水などの水資源の富栄養化や化学物質の汚染が世界各地で問題となっている。これらの問題の現状把握や危険予測を検討するうえで、水質のモニタリングは必要不可欠とされている。私達は、直径47mm、長さ390mmと小型センサプローブに6つのセンサを搭載し、オプションのイオンセンサを含めると最大13項目の測定ができる水質モニタリングセンサを開発した。このセンサは、100mの水深でも測定でき、1ヶ月連続モニタリングも可能である。このセンサの、測定原理と測定値について導入例可能である事を確認し性能と実力について報告するとともに、太陽電池を兼ね備えた小型遠隔モニタリングシステムの紹介を行う。

キーワード：水質、センサ、モニタリング、小型

1. はじめに

近年、湖沼や河川、地下水などの水資源の富栄養化や化学物質の汚染が世界各地での問題となっている。富栄養化とは、生活排水や工場、農業排水などの流出に伴い、栄養塩濃度が著しく増加し、有害なプランクトンが発生したり、水草が異常繁殖する現象である。富栄養化をモニタリングするためには、溶存酸素やpH、濁度、電気導電率といった基礎水質項目に加えて、窒素（全窒素、アンモニア、硝酸体性窒素）、リン酸（全リン、リン酸等）、COD/BOD、クロロフィルaなどといった富栄養化指標の測定項目を把握する必要がある。

基礎水質項目と富栄養化指標の一つである硝酸イオンが測定できる新しい水質モニタリングセンサの技術と、その周辺システムとして、遠隔モニタリングシステムについて以下に示す。

2. 水質モニタリングセンサ

表1に堀場製作所製、水質モニタリングセンサの測定項目と測定原理を示す。この水質モニタリングセンサは、直径47mm 長さ390mmというコンパクトなボディに、6つのセンサを搭載し、水深100mの水圧下でも安定に測定ができ、連続1ヶ月モニタリングを実現する。オプションのイオンセンサプローブを搭載すると、最大13項目を同時に測定ができる。また、GPS (Global Positioning System) と組み合わせて、測定場所の特定ができ、内蔵の水深センサとあわせて、3次元でのデータマッピングを可能とした。

図1に水質モニタリングセンサの外観を示す。センサプローブには、pH、ORP、DO(溶存酸素)、水温、濁度、温度、電気導電率、水深センサとオプションで3種類のイオンセンサが接続され、センサプローブ内に電池、メモリを有し、15分間隔で最大30日間のデータをメモリする事ができるように電池寿命とメモリの記憶容量を有している。

測定項目	測定原理
pH	ガラス電極法
溶存酸素	隔膜ガルバニ電池法
電気導電率	交流4電極法
塩分	電気導電率換算
TDS (Total Dissolved Solids)	電気導電率換算
海水比重	電気導電率換算
水温	サーミスタ法
濁度	透過散乱法
水深	圧力法
ORP (Oxidation Reduction potential)	白金電極法
ION 最大3項目まで (硝酸イオン、塩化物イオン、カルシウムイオン、フッ化物イオン、カリウムイオン、アンモニア)	イオン電極法

表 1. 水質モニタリングセンサの測定項目と測定原理



図 1. 水質モニタリングセンサ

また、センサプローブと本体部を接続するケーブルは脱着が可能となっており、必要に応じてケーブル長を変更する事や、センサプローブ単体を測定したい場所に沈めて、鉛直分布を測定する事も可能である。本体部とセンサプローブは、最大 100m ケーブルまでのケーブルに対応するため、RS-422 による通信を行っており、本体部では測定値の表示や設定変更、校正などの操作が行える。また、測定したデータをパソコンに取り込むこともでき、パソコンソフトでは鉛直分布や、連続モニタリング時のグラフ化などが容易にできる構造となっている。

3. 各センサの特徴

1) pH 測定

pH は生態系に影響を及ぼす、重要な項目であり、ガラス電極法を用い測定がされる。ガラス電極法では、センサ部はガラス電極と比較電極からなり、ガラス電極が pH に応答する事によりガラス電極と比較電極の電位が変化する。この電位の変化を検出することにより、pH 換算を行っている。

但し、一般に実験室などで使用されているガラス電極を流用すると、水深 100m の圧力下で測定を行う場合、比較電極の内部液にサンプルが流入して誤差が生じることがあった。そこで、U-20 では圧力補償膜を設け、水深 100m 下でも高精度に測定する事ができるように改良を行っている。また、連続 1 ヶ月のモニタリングを可能とするために、比較内部液を高粘度化し、比較内部液の濃度変化を極力押さえて、誤差を小さくしている。

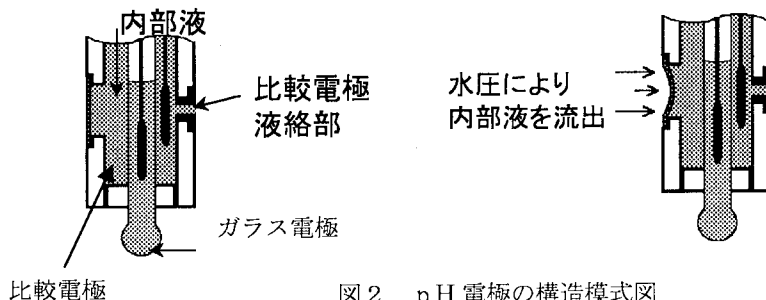
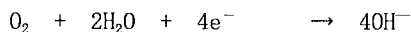


図 2. pH 電極の構造模式図

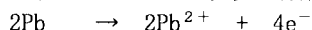
2) 溶存酸素測定

溶存酸素(DO)は、水中に溶け込んでいる酸素濃度の事を示し、河川や湖沼の自浄作用や魚類などの生態系については、必要不可欠である。

本システムでは、酸素透過膜でサンプルと内部液を分離し、センサ内部を高アルカリに維持している。センサ内部には、銀(カソード)と鉛(アノード)を設置し、酸素がある場合には、カソードで次の還元反応がおき、外部回路に電流が流れます。



一方、アノードでは、次の酸化反応が生じます。



この電流は、酸素透過性隔膜を通して拡散してくる酸素量に比例するため、この電流を測定することにより、サンプル中の溶存酸素を測定することができます。

但し、溶存酸素の測定では、上記の酸素の還元反応で、酸素が分解されるためにサンプルから一定の速度で攪拌する必要性がありました。この対応として、従来は稼動部を設けてサンプルを攪拌したり、センサ部を動かす事で一定速度の流速を与えるなどの対策がとられてきました。

今回、カソードの電極面積を小型化することにより、攪拌をしなくても安定して溶存酸素が測定できるように改良を行いました。単に、カソードの小型化すると電流量が小さくなる事から、ノイズ対策や応答速度が遅くなるため、電極面積と隔膜の厚みなどを調整して、拡散層の厚みを最適化することによって、流速影響を受けず安定して測定できるように改良を行っています。

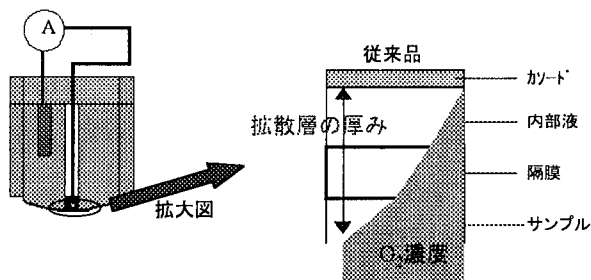


図3. 溶存酸素電極の構造模式図

3) 濁度測定

濁度とは、サンプルの汚れ具合を顕著に表します。

本システムでは、透過散乱方式を用いており、光源よりサンプルに光を照射しサンプルを透過する透過光と散乱光を、それぞれの受光器で測定し、その比率に基づいて濁度を表示しています。

本システムでは、試料の色影響を受けにくく、温度影響を受けにくくするために、光源にパルス点灯の赤外発光ダイオードを使用し、散乱光は60°方向で測定しています。

なお、濁度の測定単位として、近年は国際的にNTUが使用されている。標準液として安定とされているホルマジン標準液を基準としたものであり、本システムではNTUもしくは、従来から使用されているカオリン標準液を基準としたmg/Lの両方に対応している。

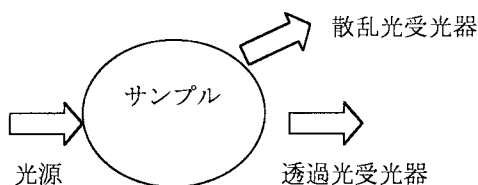


図4. 濁度測定センサの構造模式図

4. 遠隔モニタリングシステム

最近、水質の汚染に関する事故などが増加していることから、オンラインで現場のモニタリングデータを監視したい要望が増えている。この要望にこたえるために、現場にセンサを設置して遠隔データ通信機能を有したシステムを開発した。図5に、開発した遠隔モニタリングシステムの外観図を添付する。

このシステムは、太陽電池パネルを有して、外形寸法が 405(W)×300(D)×299(H) mm (外部アンテナ除く) と小型で防水構造であり、簡単に持ち運びができ、どこでも設置ができる事が特徴である。通信には、NTT Dopa 回線を利用しているため、ほぼ日本全域で 사용할 ことができ、メールでのデータ転送方法を利用しているため、受信側での特殊なシステムを一切準備する必要がない。また、Dopa 回線を使用していることから、データ量に応じたパケット通信のため、ランニングコスト低減をすることができる。また、測定値が異常値を超えた場合に、携帯電話に異常が発生した内容をアラーム通知することもできる。図6に遠隔モニタリングセンサを用いて測定した結果を添付する。

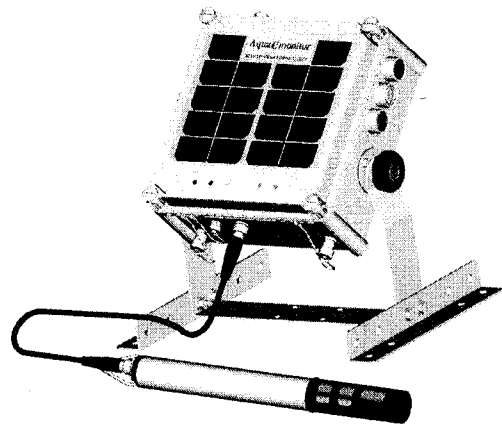


図5. 遠隔モニタリングセンサ概観図

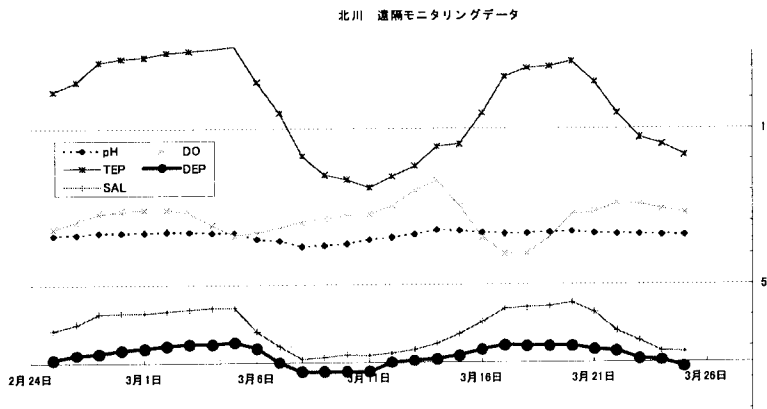


図6. 遠隔モニタリングデータ

5. まとめ

以上、水質の基礎指標となる、pH、水温、溶存酸素、導電率、濁度、イオンを測定できる、水質モニタリングシステムの主な機能と 実施例、それを利用したシステムについて紹介を行った。この水質モニタリングシステムは、従来に比べて、小型化、低価格化を実現することで、より幅広いアプリケーションでの使用が期待できる。今後、このような水質モニタリングシステムを用いて、多くの場所でのモニタリングが実現し、水質改善に役立っていくものと期待される。

今後も、より小型で簡単に測定できる計測器への期待は大きく、水質改善に役立つセンサ開発を継続していきたいと考えている。