

湖沼の水質観測と可搬型水質モニタ

Water Quality Observation of Lakes and Marshes, and Portable Water Quality Monitor

山敷庸亮*, 小林剛士

*(財)国際湖沼環境委員会



要旨

世界の湖沼では、富栄養化や化学物質汚染が共通の問題とされている。これらの環境問題に取り組む上では、基礎となる水質指標の正確な把握が必要不可欠である。本稿では、湖沼の水質評価に必要とされる測定項目、これらの中でも重要な項目を現場で測定できるマルチ水質モニタリングシステムU-23の概要、さらに、U-23を使って琵琶湖とアルゼンチン・サンロケダムでの実測例を紹介する。実測結果から、アオコの発生しているサンロケダムでは湖底の溶存酸素が著しく低下していることがわかる。U-23の測定結果から、琵琶湖の湖底では、溶存酸素濃度が低下していないが、今後も継続して測定する必要がある。

Abstract

Eutrophication and chemical contamination are two common problems in lakes and marshes worldwide. To cope with these environmental issues, it is essential to have an accurate index of water quality. Here, we will discuss the measurements necessary for the water quality analysis of lakes and marshes, and describe the U-23 Water Quality Multi-Monitoring System which provides on-site measurement of critical water properties. Application of the U-23 system to Japan's Lake Biwa and the San Roque Reservoir in Argentina is illustrated. It is seen that the San Roque Reservoir, where waterbloom prevails, has deteriorated through the increase of oxygen content at its depths. This suggests that even though the concentration of dissolved oxygen hasn't increased in Lake Biwa, continuous observation in the future is necessary.

1 はじめに

地球上には、バイカル湖や北米五大湖のような巨大湖から、わずかに数平方キロメートルの小さな湖にいたるまで、数百万の天然湖沼と人工湖がある。人間生活に欠かすことができない淡水の90%以上は湖に蓄えられている。¹⁾これら湖沼は、飲料や生活用水の他にも、発電や農業用水など多くの目的に活用されている。一方で、人類の諸活動もたらす汚染が自然の浄化能力を越えてしまい、湖沼の富栄養化や化学物質汚染が人類共通の問題となっている。

2 湖沼問題において必要とされる測定項目

(財)国際湖沼環境委員会(ILEC)と国連環境計画(UNEP)が共同で行っている「世界湖沼現状調査」の結果から、世界の湖沼問題について、6つの主要な課題(酸性化、水位の低下、富栄養化、固有な生態系の破壊、土砂の流入、毒性化学物質による汚染)が指摘されている。

酸性化とは、大気中の窒素酸化物や硫黄酸化物によって酸性化した降雨や、流域の工場排水などによって湖そのもののpHが低下し、固有生態系が破壊される現象で、スカンジナビア半島の湖沼やイタリアのオルタ湖で問題になっている。水位の低下は、灌漑用水確保のための導水や気候の変化などにより、湖に対する流入量より蒸散量・流出量が上回り、湖の水位が低下する現象で、中央アジアのアラル海やアフリカのチャド湖等で問題になっている。また富栄養化は、生活排水や工場・農業排水などが湖沼に流入し、湖の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、日本では諏訪湖や琵琶湖の南湖で、海外では中国の主要な湖や南米の人工貯水池で大きな問題になっている。

酸性化した湖沼の評価にはpH測定が欠かせず、また、水位の低下した湖沼は塩分濃度が上昇する。富栄養化した湖沼は、たとえば溶存酸素やpH、そして窒素・リン酸・クロロフィルaなどの測定が必要になる。

このような点を踏まえて、湖沼におけるモニタリング項目は、分類すると大きく以下のとおりである。

物理指標 : 水温、透明度

基礎水質指標 : pH, 電気導電率, 溶存酸素, 濁度

富栄養化指標 : 窒素(全窒素, アンモニア・硝酸体性窒素), リン(全リン, リン酸等), COD/BOD, クロロフィルa

生物学的指標 : プランクトン組成, 魚類やその他の水生生物や植物の分布調査

微量汚染物質 : 重金属, 農薬, 有機汚染物質(PCBなど)

中でも、～の項目を可搬型のモニタリング装置で測定できれば、飛躍的に湖沼の水質改善に貢献することが予測される。に関しては、動植物の専門的知識を持った人の観測および調査により得られるものであり、は現場で

測定できる機器はなく、サンプルを持ち帰り高性能液体クロマトグラフィー(HPLC)などで分析する必要がある。

3 マルチ水質モニタリングシステムU-23

1997年、ILECは社日本環境技術協会に多項目プロファイラの開発要請を行った。この要請にも応える形でホリバにおいて開発された、マルチ水質モニタリングシステムU-23(図1)は、物理的指標、基礎水質指標と、富栄養化指標の一つである硝酸イオンが測定できる。表1にU-23の測定項目と測定原理を示す。



図1 マルチ水質モニタリングシステムU-23
The U-20 Series Multi-water Quality Monitoring System

Measurement item	Measurement method
pH	Glass electrode method
Dissolved oxygen	Diaphragm galvanic battery method
Conductivity	4 AC electrode method
Salinity	Conductivity conversion
Total Dissolved Solids(TDS)	Conductivity conversion
Swawater specific gravity	Conductivity conversion
Temperature	Thermistor method
Turbidity	Penetration and scattering method
Water depth	Pressure method
Oxidation reduction potential (ORP)	Platinum electrode method
Ion (NO ₃ ⁺ , Cl ⁻ , Ca ²⁺ , F ⁻ , K ⁺ , NH ₃ ⁺)	Ion electrode method

表1 U-23の測定項目と測定原理

Measurement items and measurement method of the U-23

U-23は、水深100mまでの圧力に耐え、最大13項目を同時に測定できる、可搬型のマルチ水質モニタリングシステムである。水深100mで正確に測定するために、pH/ORPセンサの比較電極には圧力補償膜を設けている。DOセンサは、流速によって指示値が影響を受けないように、電極部(カソード)の小型化をはかり、従来のようにセンサを上下に動かすという操作が不要である。

また、このタイプの水質計では世界ではじめて、3成分のイオンが同時に測定でき、硝酸、カルシウム、塩化物、フッ化物、カリウム、アンモニアの6つの成分から必要な成分を選び利用することができる。なお、アンモニアセンサは水中のアンモニアガスを測定するため、通常のサンプルではサンプルを汲み取って、アルカリ化剤を添加する必要がある。

センサプローブ内部には、電池とメモリを持ち、連続1カ月モニタリングが可能である。さらに、全地球位置把握システム(GPS)との接続機能を持っており、測定箇所の緯度・経度に深さ情報を合わせて、3次元マッピングも可能である。

4 現地観測の実例

4.1 琵琶湖における観測

琵琶湖では、小型船舶を用いて琵琶湖全体の水温及び水質諸項目の調査を行っている。従来の鉛直プロファイラといわれる測定機器は概して大型で、大きなセンサやポンプを内蔵している。取り扱いには、ウインチを備えた大型船が必要で、小型の船舶では限界があった。

U-23を導入することによって、小型の船舶でも十分扱えるようになり、浅い内湾(赤野井湾など)を含め湖のあらゆる場所での観測が可能となった。

筆者らは、2000年4月19日に、U-23を使って、琵琶湖の湖心、安曇川沖、海津沖の3カ所(図2)で深さ方向の水質状況を測定した。

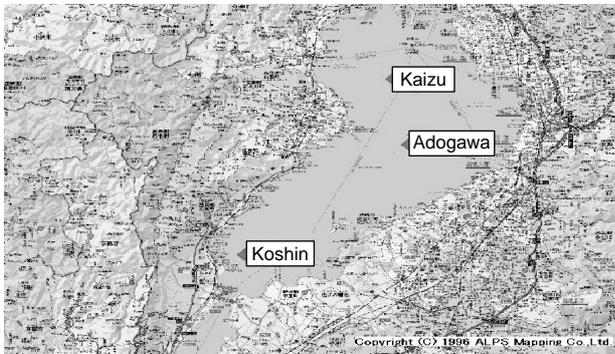


図2 琵琶湖における水質測定ポイント
Water quality measurement points in Lake Biwa

測定時期が4月ということで、水温分布は、成層の発達する5月~10月に比較して明瞭ではないが、表層の水温が比較的高くなっている(図3)。溶存酸素は、アルゼンチンの湖沼に比較して湖底部分でそれほど低くなっていない(図4)。これは、湖底部から栄養塩の溶出がそれほど多くないためと考えられるが、湖底での溶存酸素の濃度が低くなると、琵琶湖北湖も富栄養に転ずる危険性があると考えられている。

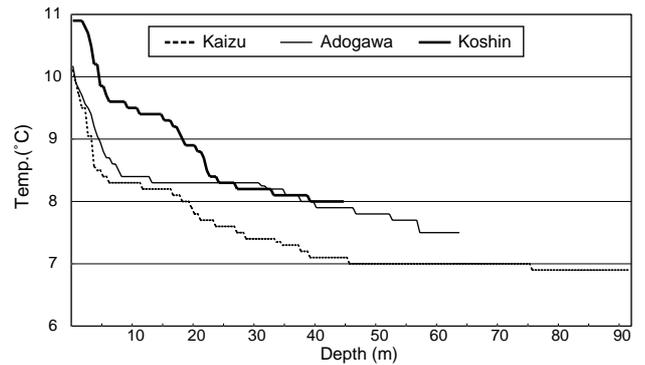


図3 水温の分布
Vertical distribution of the water temperature

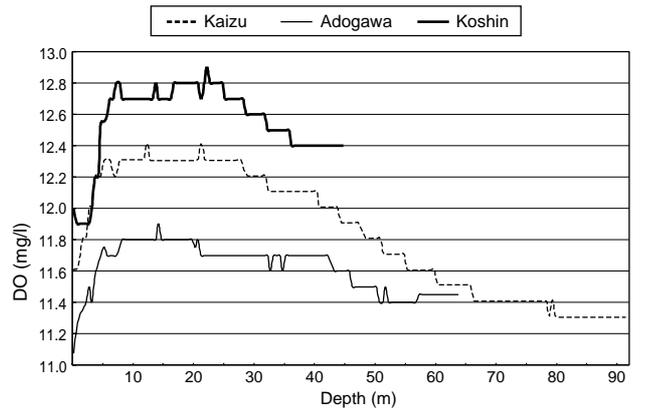


図4 溶存酸素の分布
Vertical distribution of the dissolved oxygen

この他、pHやNO₃イオン濃度など合計9項目についても同時に測定を行っており、U-2001に付属されているパソコンソフトを使うと、データの比較が容易に把握、判断する事ができる。図5に測定結果の表示例を示す。

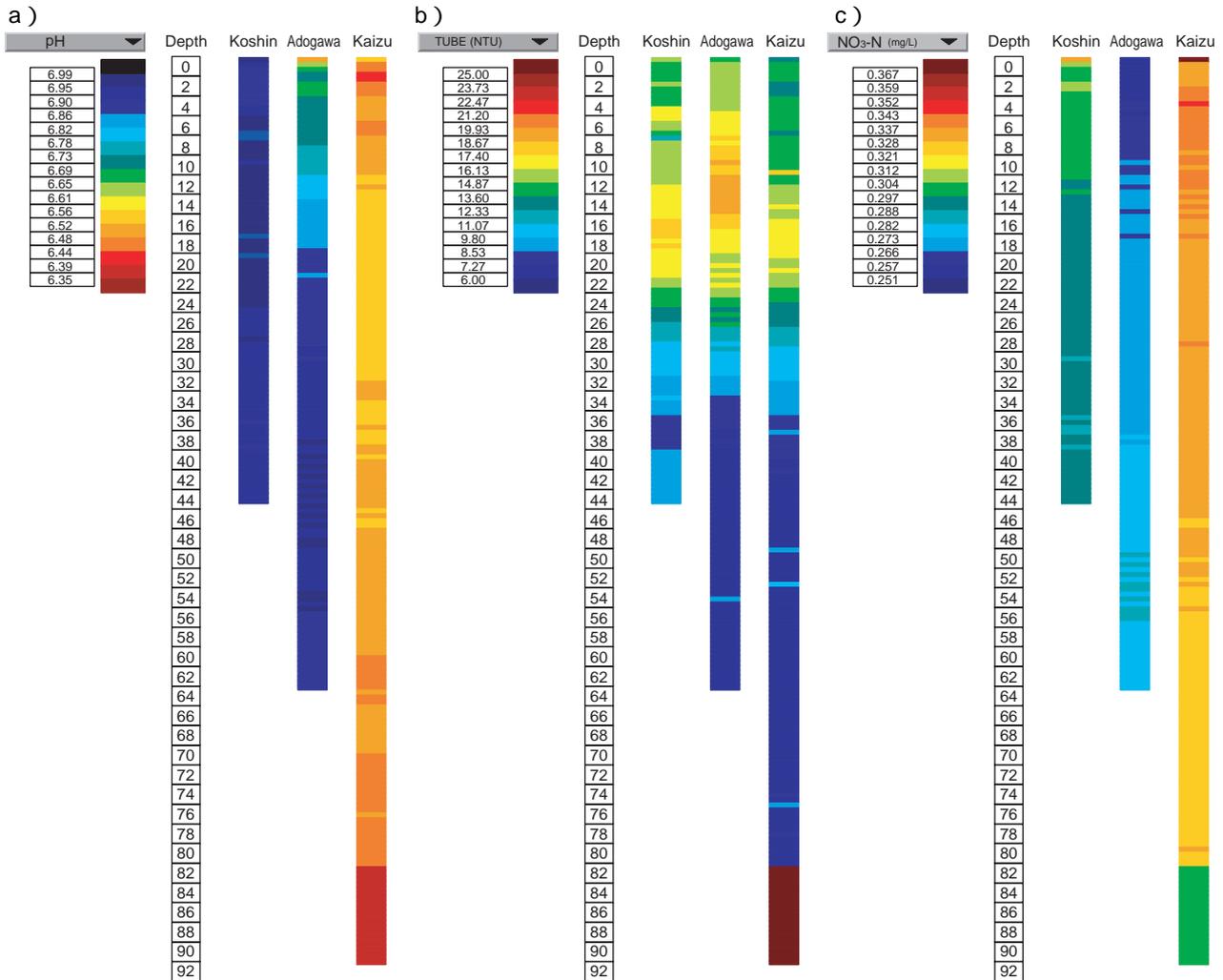


図5 pH，濁度，NO₃イオン分布の3次元表示

a) pH, b) 濁度, c) NO₃イオン

Three-dimensional display of pH, turbidity and nitrate ion concentration

a)pH, b)Turbidity, c) NO₃Ion

4.2 アルゼンチン・サンロケダムにおける観測

サンロケダムは、アルゼンチン第二の都市であるコルドバ市に近く、同国中西部に位置する。乾燥地域である同地域では、サンロケ貯水池が唯一の水源地であり、Suquia川により接続されている。サンロケダムは南緯31度20分、西経64度28分に位置する表面積16km²、平均水深16mの多目的ダム貯水池で、南米最古の貯水池として1884年に建設された。1754km²の面積を持つ同貯水池の集水域からの汚濁負荷は、San Antonio, Cosquin, Las Mojaras, Los Chorrillos川により貯水池に流入する。同貯水池は1960年以来、ひどいアオコの発生に悩まされている。とくにダム堤体付近は冬場においてもアオコの発生が見られる。現

在、この湖ではアオコの発生による湖生態系の破壊及び上水道源の汚染が大きな問題になっている。

この湖のLos Chorrillos川流入口付近でU-23を使った測定結果を表2に示す。

溶存酸素濃度が湖底部分で極端に低下しており、表面での過飽和と湖底部の無酸素化というアオコが発生した湖沼の特徴的な傾向がみられる。その他にも、上層部では光合成がさかんなため、pHが高くなっていることがわかる。

Depth (m)	pH	COND (mS/cm)	TURB (NTU)	DO (mg/L)	Temp (°C)	Cl ⁻ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)
0.2	8.7	0.201	30	10.70	25.7	1.07	1.24	0.90
1.0	8.6	0.209	30	11.20	25.2	1.06	1.29	0.97
2.0	8.9	0.185	38	9.00	24.3	1.02	1.52	1.10
3.0	8.8	0.184	37	7.80	24.2	0.98	2.09	1.12
4.0	8.8	0.184	40	7.80	24.2	0.96	3.28	1.11
5.0	8.6	0.206	50	7.20	23.8	1.05	4.53	0.99
6.0	7.8	0.291	75	1.90	22.6	1.22	5.46	0.87
7.0	7.6	0.320	60	1.86	22.4	1.28	5.07	0.87
8.0	7.6	0.323	80	1.70	22.2	1.36	4.55	0.82
9.0	7.6	0.327	95	0.50	22.2	1.36	4.30	0.79
10.0	7.5	0.329	116	0.08	22.1	1.30	4.08	0.77

表2 アルゼンチンのサンロケダムの水質測定結果

Measurement result of water quality at San Roque Reservoir in Argentina

5 おわりに

従来、湖沼の酸性化や富栄養化などの環境問題は発生してから対策しているが、この原因の一つに測定機器類の大きさがかりさにあると考えている。

本稿で紹介したU-23のような小型で可搬型の機器で分析ができることは、多くのメリットを生み出す。例えば、サンプルを研究室に持ち帰って大型の測定装置や手分析法を使うと、煩雑なサンプリングが必要となり、ランニングコストも非常に高くなってしまふ。近い将来には、現場で得られた測定結果を多面的、速やかに解析し、直ちに警告や注意報を発令することによって、環境破壊を未然に防ぐことも可能になると期待されている。

今後は、富栄養化指標として注目されているクロロフィルa、さらには、環境ホルモンなどの微量汚染汚染物質などについてもより簡便な分析技術・機器が望まれている。一方で、得られた測定結果をどう評価し、環境保全に結びつけていくのか。いわばソフト面の充実が求められている。

このためには、本稿で紹介したように、グローバルな観点から湖沼を研究し対応策を企画する者と、これを支える計測機器メーカーとが協力し合うことにより、きれいな水環境の実現に貢献できるものと考えている。

参考文献

- 1) 吉良竜夫
「世界の湖の環境問題」
人間環境科学 / Vol. 7 (1988)
手塚山学園環境科学研究所



山敷庸亮

Yosuke YAMASHIKI, Ph.D.

(財)国際湖沼環境委員会(ILEC)
国際環境技術センター(ITEC)
UNEP-IETC/ILEC協力企画官
工学博士



小林剛士

Takeshi KOBAYASHI

堀場製作所
LA・pHプロジェクト