

Selected Article

一般論文

多項目水質計U-50シリーズの開発

小松 佑一郎, 江原 克信, 小椋 克昭

濁度, 溶存酸素, 電気伝導率, pH, 酸化還元電位, 水深, 温度, を同時に測定できる多項目水質計U-50を開発した。U-50は, EPA Method 180.1に準拠した高感度濁度計とメンテナンスが容易な溶存酸素電極を有している。また, 溶存酸素電極及び電気伝導率においては, 高濃度側の測定範囲が拡大されている。更に, 前機種のU-20と比較してGPS機能, 全項目同時表示, データのメモリ機能等のユーザビリティも向上している。従って, U-50はこれまでのU-20の活用範囲を超えて, 環境水測定等に貢献できると期待される。

はじめに

環境水モニタリング, 上・下水道の維持管理, 更には建設現場や工場廃水の定期検査などを行うにあたり, 水温, 電気伝導率, pH, 溶存酸素, 濁度などの水の基本特性を測定することは必須となっている。しかしながら, 各々の測定を個別の計測器で測定することは手間がかかるため, これらの測定項目を一度に計測できる多項目水質計がしばしば用いられている。これらの用途に対し, これまでにU-20という多項目水質計を開発している。

多項目水質計は, 持ち運びが可能な大きさの装置内に溶存酸素, pH, 電気伝導率, 酸化還元電位(ORP), 水深及び水温等のセンサが内蔵されている。しかしながら, 光学センサを必要とする濁度計を備えた多項目水質測定装置は多くない。装備されている場合においても, セル長が十分に確保できておらず, 気泡や汚れの影響を受け測定値が不安定である場合が多かった。また, 溶存酸素センサは定期的にセンサ膜を交換する必要がある, この交換操作が困難であるという市場の声が多かった。

そこで我々は, これらの欠点や市場要求を解決できるU-50を新規開発することにした。

装置概要

図1に, 多項目水質計U-50の外観と表示画面を示す。表示器及びセンサプローブの重量はそれぞれ, 約0.8 kg及び約1.8 kgである。これらが最長30 mのケーブルで連結されており, センサプローブを測定対象に投げ入れることで水深30 mまでの測定が可能となっている。



図1 多項目水質計U-50の外観と表示画面

また、U-52G、U-53Gという型式では、コントローラにGPS機能があり、測定データと同時に位置情報も記録できる。表示画面には、測定項目が一括表示されるだけでなく、操作ガイダンスも表示される。

図2に、センサプローブに設置されているセンサを示す。7種(濁度、溶存酸素(DO)、pH、電気伝導率、ORP、水深及び水温)のセンサが直径約10 cmの中に設置されている。これらのうち、濁度・DO・pH・ORPセンサは取り外し可能であり、容易に交換することができる。



図2 センサプローブに設置されているセンサ

U-20とU-50の違い

表1に、U-20シリーズと新規開発したU-50シリーズの仕様と改良点を示す。この表からわかるように、いずれの測定項目においても改良が加えられている。特に、濁度計、溶存酸素電極の改良点は大きなものである。U-20の濁度計は、LEDを光源とし30度の散乱方式となっていた。一方、U-50シリーズの中のU-53は、タングステンランプを光源とし90度散乱方式を採用した。この方法は、米国のEPA Method 180.1に準拠しており、色度の影響を受けにくく微細な粒子に対する感度も高い。また、測定前にセンサの窓がワイパでふき取られ、気泡や汚れの影響を低減できる。

U-20の溶存酸素センサは、ガルバニ電池方式を採用していたが、U-50ではポーラログラフ方式を採用した。従って、電極に鉛を使用する必要がなく、欧州のRoHS規制に対する制約も受けない。また、図3に示すように、隔膜が

キャップ状に製作されている。従って、お客様が交換する際には隔膜キャップを締めつけるだけでよく、簡便な隔膜交換が可能となった。更に、測定範囲も拡大されている。

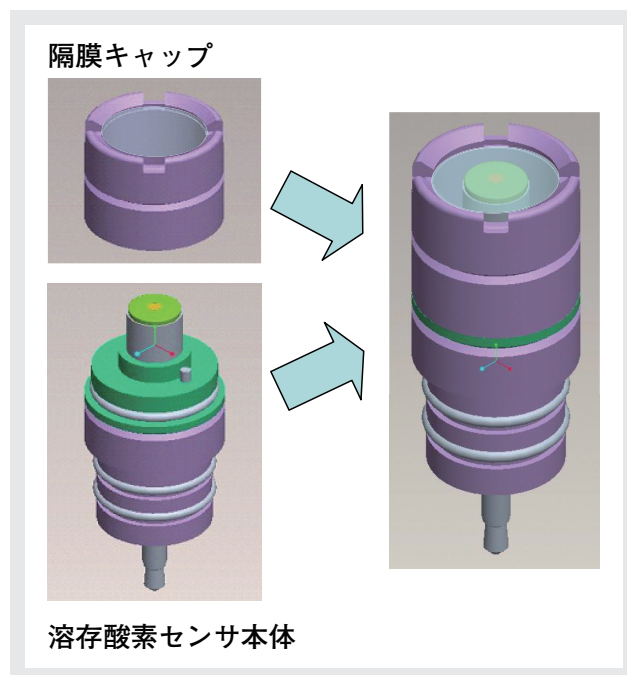


図3 溶存酸素センサの構造

これらの改良により、U-50シリーズで測定可能な新たな用途を表2に示す。濁度精度が向上したことにより、これまでの多項目水質計の濁度センサでは測定できなかった低濁度の地下水・環境水・プラント水の測定・管理が可能となる。濁度だけを別途測定していたお客様にとっては作業が簡便化され魅力的である。溶存酸素の測定範囲を拡大したため、光合成により水性植物から発生した酸素で酸素含有量が飽和状態となった水の測定が可能となる。電気伝導率の測定範囲拡大により、調味料などの高塩濃度サンプルの測定が希釈せずとも可能となる。従って、食品業界における製造工程管理にも応用できる可能性がある。

Selected Article 一般論文 多項目水質計U-50シリーズの開発

表1 U-20シリーズとU-50シリーズの仕様比較と改良点

パーツ名称	項目	U-20シリーズ	U-50シリーズ	改良点
センサプローブ	測定温度	0~55℃	-5~55℃	低温サンプル測定可能
表示器	LCD	カスタム(モノクロ) 1成分表示可能	バックライト付き グラフィック液晶(モノクロ) 11成分同時表示可能 指示値拡大表示可能	測定項目が同時に確認できる バックライト装備により朝方や夜間等の暗い環境に役立つ
	データメモリ数	2880	10000	10秒間隔で1日分のデータ採取が可能
	通信	RS232	USBペリフェラル	PCへのデータ移動が高速化
pH	測定原理	ガラス電極法		pH電極および比較電極を チップ化しランニングコスト低減
	範囲	pH0~14		
	分解能	0.01pH		
	再現性	±0.05pH		
	精度	±0.1pH		
酸化還元電位 (ORP)	測定原理	白金電極法		・チップ化しランニングコスト低減 ・ORP標準試薬による校正可能
	範囲	-2000 mV~2000 mV		
	分解能	1 mV		
	再現性	±5 mV		
	精度	±15 mV		
溶存酸素 (DO)	測定原理	ガルバニ法	ポーラログラフ法	・内部液がKCl溶液(中性)で安全 ・隔膜チップ式となりメンテナンスが簡単 ・ポーラログラフ法採用により鉛フリー化および 金属極劣化低減 ・測定範囲拡大により飽和酸素水の測定が可能と なった
	範囲	0~19.99 mg/L	0~50.00 mg/L	
	分解能	0.01 mg/L		
	再現性	±0.1 mg/L		
	精度	0.2 mg/L	0~20 mg/L : ±0.2 mg/L 20~50 mg/L : ±0.5 mg/L	
電気伝導率 (導電率(COND))	測定原理	交流4電極法		・最大4点校正可能で精度向上
	範囲	0~9.99 S/m	0~10 S/m	
	分解能	0.1%F.S.		
	再現性	±1%F.S.	±0.5%F.S.	
	精度	±3%F.S.	±1%F.S.	
塩分	測定原理	電気伝導率(導電率)換算		・一般海水の倍の塩分濃度も測定可能
	範囲	0~4%	0~70ppt(千分率)	
	分解能	0.1ppt(0.01%)		
	再現性	±1ppt(0.1%)		
	精度	±3ppt(0.3%)		
全溶存固形物質量 (TDS)	測定原理	電気伝導率(導電率)換算		
	範囲	0~100 g/L		
	分解能	0.1%F.S.		
	再現性	±2 g/L		
	精度	±5 g/L		
海水比重 $\sigma_t, \sigma_0, \sigma_{15}$	測定原理	電気伝導率(導電率)換算		
	範囲	0~50 σ_t		
	分解能	0.1 σ_t		
	再現性	±2 σ_t		
	精度	±5 σ_t		
温度	測定原理	サーミスタ法	白金測温体	再現精度が向上し、しかも低温度域が測定可能と なった
	範囲	0~55℃	-5~55℃	
	分解能	0.01℃		
	再現性	±0.3℃	±0.1℃(校正ポイントにて)	
濁度 (TURB)	測定原理	透過散乱法	タングステンランプ90° 透過散乱法(U-53タイプ)	・卓上濁度計と同等の性能を投げ込み型で実現。 透明度の高い湖などにおいても、ワイバ洗浄機 構により気泡影響なく低濁度測定が可能になっ た。 ・米国のEPA Method 180.1に準拠した濁度測定 が可能となった。
	範囲	0~800 NTU	0~1000 NTU	
	分解能	0.1 NTU	0.01 NTU	
	再現性	±3%F.S.	±3%(Reading)または ±0.1 NTUいずれか大きい方	
	精度	±5%F.S.	0~10 NTU : ±0.5 NTU 10~1000 NTU : ±3%(Reading) または±1 NTUいずれか大きい方	
水深	測定原理	圧力法		以前は最大で5 mの指示誤差があったが、30 cm の水深誤差へと性能向上した。
	範囲	0~100 m	0~30 m	
	分解能	0.1 m	0.05 m	
	再現性	±3%F.S.	±1%F.S.	
	精度	±5%F.S.	±0.3 m	

表2 U-50シリーズで測定可能な新たな用途

U-50の特徴	新たな用途
濁度精度向上	低濁度地下水・環境水・水道水・プラント水の測定・管理
溶存酸素の測定範囲拡大	酸素含有量が飽和状態の水の測定(環境水など)
電気伝導率の測定範囲拡大	高塩濃度(調味料, 工場廃水など)

測定事例

千葉県印旛沼において12日間の連続測定した時の濁度及び溶存酸素の挙動を図4に示す。測定を開始した5月28日の濁度は20.5 NTUであり、COD値は10.0ppmであった。測定期間中に濁度は低下し、測定終了日の6月9日には5.89 NTUとなり、この時のCOD値は8.8ppmに低下していた。従って、有機物の減少により濁度低下が生じていると推察される。溶存酸素濃度(DO)は、朝方から昼間にかけて増加し、夕方から翌朝にかけて減少していた。これは、昼間の光合成による酸素生成と夜間の呼吸による酸素消費によるものと推察される。

なお、12日間の連続測定により測定部位に有機物の汚れが付着していたが、濁度計のセル窓部はワイパにより清浄な状態に保たれていた。また、連続測定実施前後の濁度計で、濁度標準液(ホルマジン溶液)を測定したところ、測定値のズレは0.1 NTUであった。従って、ワイパにより有機物の汚れの影響が抑えられていることが確認された。

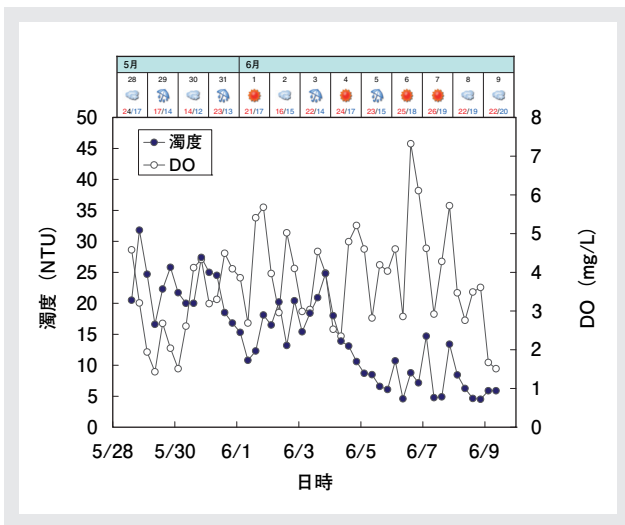


図4 印旛沼連続試験における濁度・DO測定結果

pH及びORPの測定結果を図5に示す。連続試験中の晴れの日にpH値はアルカリ側にシフトした。植物の光合成により湖中の炭酸ガス及び有機物が減少したためと推察

される。一方、ORPは還元側に指示値がシフトしており、光合成による水質浄化が関与していると推察される。

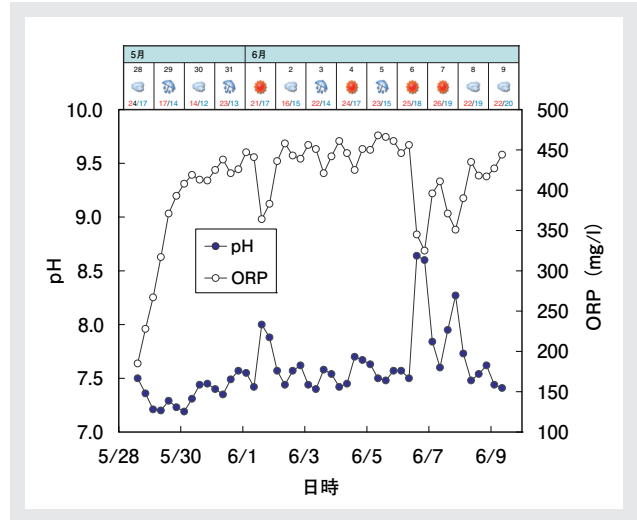


図5 印旛沼連続試験におけるpH・ORP測定結果

図6に、山梨県の本栖湖における深さ方向の測定を浸漬及び引き上げの両方で行った結果を示す。なお、比較のために、ワイパが装備されていないU-20の濁度計(透過散乱(30°)方式)についても同様の測定を行った。U-20濁度計の浸漬方向においては、0.0 NTU~1.0 NTUの幅で測定値が変化した。また、20 m~10 m引き上げ方向においては、0.0 NTUから5.0 NTUへ大きな指示値の変化が見られ、浸漬方向での測定結果と異なる測定値が得られた。これは、減圧と温度上昇により測定部位に気泡が発生しているためと推察される。一方、ワイパを有するU-53の濁度計においては、浸漬及び引き上げ方向ともに0.3 NTU~0.8 NTUの幅で同様の結果が得られた。従って、新型濁度計に装備されているワイパにより、気泡の影響が解消されていると考えられる。

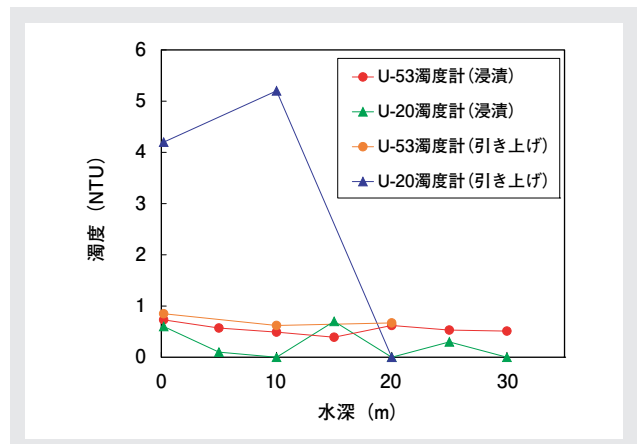


図6 本栖湖30 m浸水試験における濁度計比較

おわりに

今回紹介した多項目水質計U-50シリーズはEPA Method 180.1に準拠した濁度計が装備され、更に他のセンサにおいても測定範囲が拡大し、取り扱いが容易になっている。従って、環境水の測定を従来よりも簡便かつ高精度に測定できることはもちろんのこと、これまでの多項目水質計では測定できなかったような用途にも使用できる可能性がある。

紺碧の海、美しく澄みきった川、透明度の高い湖沼など、水はあらゆる生命の源であり生きていく上でなくてはならない資源である。しかし、その大切な水資源が、生活排水、工場排水、農業排水など、さまざまな人間活動から生じる排水によって、富栄養化、化学物質汚染による環境破壊が広範囲に及んでいる。世界中で同様の問題が起こっており、いかに正確に水質をモニタリングし、管理するツールを提供できるのか、我々分析機器メーカーは、大変重要な役割を担っているといえる。今後も水質測定装置の開発を通して、環境問題の解決や上水道の水源管理や下水道処理工程の管理等に貢献していきたい。

参考文献

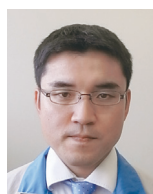
- [1] 本城充, 水質データ遠隔監視システムU-20AQシリーズ, Readout, 31, 62-65(2005).
- [2] 小松佑一郎, 江原克信, 小椋克昭, 高精度濁度計をもつ多項目水質計の開発, 環境浄化技術, 78, 44-46 (2009).



小松 佑一朗

Yuichiro Komatsu

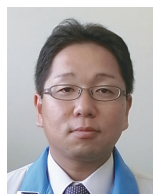
株式会社堀場製作所
環境・プロセスシステム統括部
水質・温度計測開発部
pH チーム



江原 克信

Katsunobu Ehara

株式会社堀場製作所
環境・プロセスシステム統括部
水質・温度計測開発部
pH チーム
チームリーダー



小椋 克昭

Katsuaki Ogura

株式会社堀場製作所
環境・プロセスシステム統括部
水質・温度計測開発部
Environment チーム
チームリーダー