

Feature Article

特集論文

自動水質測定装置TW-100と遠方監視システムによる水道水の連続監視

小椋 克昭, 山口 真矢, 塚田 徳昭

2002年4月の水道法改正により、上水道施設運営管理に関する民間企業への業務委託が可能になり、運営の効率化を図るために必要な計測機器の設置が増加している。こういった背景の中、HORIBAは上下水道維持管理会社の日本ヘルス工業株式会社と共同で、遠方監視が可能な自動水質測定装置の開発を進めてきた。遊離残留塩素濃度、濁度、色度、水圧、pH、導電率、水温の7成分を同時に連続測定できる自動水質測定装置TW-100の測定原理、特徴及び連続性能試験結果を紹介する。

はじめに

2002年4月の水道法改正により、上水道施設における運営管理を民間に部分委託するだけでなく、事業計画から事業運営までの包括的な業務委託が可能となった。その中で運営管理の効率化を目的に自動計測機器を設置する事例が増加している。そこで国内の上下水

道施設維持管理会社、日本ヘルス工業株式会社の遠方監視システム“水守”と、HORIBAの自動水質測定装置TW-100を組合せた水道水水質遠方監視システム(図1)の開発を行ってきた。このシステムは水道水質をリアルタイムに監視することで、水質状態を把握し、水質異常や機器異常をいち早く発見することが可能である。

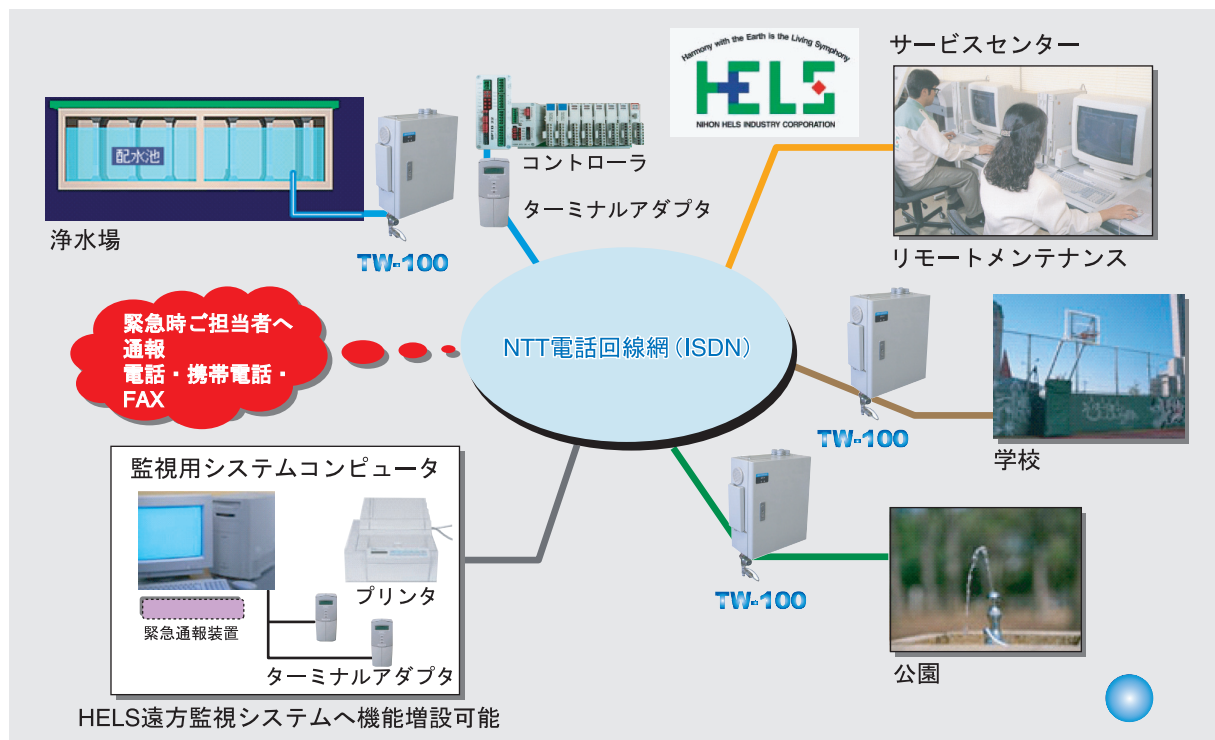


図1 水道水遠方監視システム概略図(日本ヘルス工業株式会社“水守”)

TW-100の概要

自動水質測定装置TW-100は、遊離残留塩素濃度、濁度、色度、水圧センサを標準搭載し、pH、導電率、水温を付加することで最大7成分を同時に連続測定することが可能である。特に現場での使いやすさに重点をおき、メンテナンス性を考慮して開発した。

測定原理

遊離残留塩素濃度

遊離残留塩素^{*1}濃度は無試薬方式であるポーラログラフイーを採用している。ポーラログラフイーとは、電解質溶液で電極間にかけて電圧と流れる電流の関係を調べる方法の総称で、ここでは遊離残留塩素が電極表面で還元される際に電極間に流れる電流値を測定する。この電流は、被還元物質が拡散移動する過程が反応を律速することから拡散電流と呼ばれ、その電流値が遊離残留塩素濃度に比例する。

*1: 日本では、水道法により塩素または結合塩素で消毒を行い、給水栓における水で有効塩素(残留塩素)を一定以上保持することが義務付けられている。塩素剤としては、液化塩素、次亜塩素酸ナトリウム、さらし粉(次亜塩素酸カルシウム)が、結合塩素としてはクロラミン(アンモニア(NH₃)のHをClで置換した化合物の総称で、モノクロラミン(NH₂Cl)などが用いられている。塩素剤の薄い溶液では、pH値に応じて塩素(Cl₂)、次亜塩素酸(HClO)、次亜塩素酸イオン(ClO⁻)が平衡状態を保って存在する。これらの形で水中に存在する塩素が遊離残留塩素で、酸化力があり消毒効果を持つ。また、塩素は水中のアンモニアと反応してクロラミンを生成する。クロラミンの形で残留する塩素を結合残留塩素という^[1]。

濁度

水の濁りを表す濁度の測定には透過光吸光度方式を用いている。透過光吸光度方式とは、濁った水の層に一定の強さの光が入射すると、濁りの粒子により反射または散乱し、透過光が減じることから、透過光の強度に対する入射光の強度の比をとり、その対数(吸光度)が、水の層の厚さと濁りの粒子の密度(濁度)に比例する(Lambert-Beerの法則に従う)ことを用いて、吸光度を測定することにより濁度を測定する方法である。測定波長は、色度による妨害を避けるため、660 nmを用いている^{*2}。

*2: 自然水中の色度成分は腐植質(フミン質:植物などが微生物によって分解される時の最終分解生成物で、直鎖炭化水素と多環芳香族化合物の分子量数千から1万程度の難分解性高分子化合物)が主である。これらの成分の最大吸収は360 nm以下の紫外部にあり、600 nm以上に吸収はほと

んどない。従って、波長600 nm以上で測定した場合は、色度の影響は無視することができる^[1]。

色度

水の着色程度を表す色度の測定も透過光吸光度方式を用いている。水中に含まれる溶解性物質及びコロイド性物質が呈する類黄色から黄褐色の程度を、波長390 nmの吸光度を測定することにより色度を測定している。

pH

pHの測定はガラス電極方式を用いている。ガラス電極方式とは、検水中にガラス電極^{*3}と比較電極を挿入し、両電極間に生じる電位差を測定し、pHを求める方法である。TW-100では、比較電極と検水を電氣的に導通させる役目を果たす液絡(ジャンクション)を2箇所設け、セルの流路を工夫することで気泡が付着することによる比較電極と検水との電氣的絶縁を防ぐ構造となっている。また、ガラス電極内部液をゲル化し、内部液の補充を不要とした。更に、水道水測定に最適な液絡材質を選定し、測定誤差が最小限になるようにしている。

*3: pH応答性のガラス膜とそれを支持する高絶縁の支持ガラス管、ガラス電極内部液、内部液に浸漬した単極電極、などからなる電極で、pH応答性のガラス膜部でpH値に比例した電位差が発生する。

導電率

導電率の測定は交流2極方式を用いている。断面積1 cm²、距離1 cmの相対する極板を有する電極セルを検水中に浸し、極板間に一定の交流電圧をかけ検水の電気抵抗を測定することにより、導電率を求める方法である。

水温

水温はサーミスタ温度計により測定している。抵抗素子はNTC^{*4}を採用し、測定精度は±0.5 K以内を実現している。

*4: NTC(Negative Temperature Coefficient Thermistor)とは、温度が上昇すると連続的に抵抗値が下がるタイプの抵抗素子である。

圧力

圧力は半導体センサを用いた圧力計により測定しており、センサ自体が接液しないため、長寿命を確保している。

TW-100の構成

図2に示すように、水圧センサ、水温センサ、濁度・色度センサ、遊離残留塩素センサ、導電率センサ、pHセンサを、それぞれ着脱可能な専用セルと共にコンパクトに搭載しており、測定項目を選択する自由度が大きく、

メンテナンス性にも優れた構成となっている。濁度・色度センサは光源反射構造にすることにより、省スペースにもかかわらず、100 mmのセル長を有している。そのため、より高感度に濁度・色度が測定可能となっている。

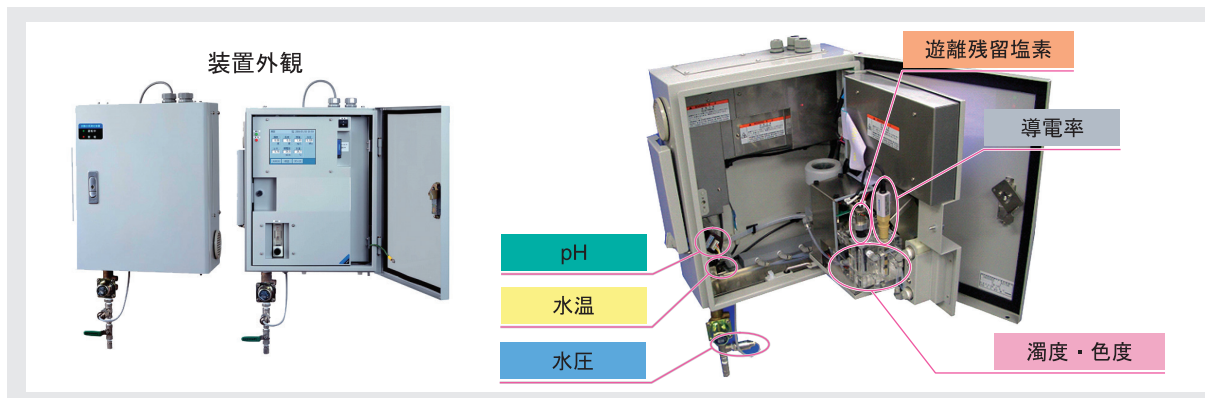


図2 TW-100装置構成

図3に示すように、表示部にはタッチパネル方式の液晶グラフィックパネルを採用し、操作しやすくした。表1及び表2に主な仕様を示す。

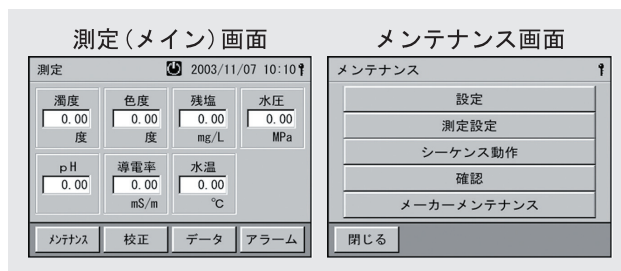


図3 表示画面構成

表1 TW-100の主な仕様

製品名	自動水質測定装置
型名	TW-100
測定項目	(標準仕様)濁度、色度、遊離残留塩素、水圧 (オプション項目)pH、導電率、水温 *測定対象は測定項目の値が上水試験法に定められた範囲内の水道水
測定方式	表2参照
測定範囲	表2参照
繰り返し精度	表2参照

表2 TW-100の測定方式・範囲・繰り返し精度・校正

*1: 濁度1度は、精製水1 L中に標準カオリン1 mgを含む時の濁りに相当。

*2: 色度1度とは、精製水1 Lに塩化白金酸カリウム中の白金1 mg及び塩化コバルト中のコバルト0.5 mgを含む時の呈色に相当。

*3: 残留塩素がジエチル-p-フェニレンジアミン(DPD)と反応して生じる桃から桃赤色を、標準比色液と比較して残留塩素を測定する方法。

測定項目	測定方式	測定範囲	繰り返し精度	校正
濁度 (turb)	透過光吸光度方式	0~2度 ^{*1} 0~4度	フルスケールの±2.5%	ポリスチレンラテックス標準液 (カオリン標準液も可能)
色度 (color)	透過光吸光度方式	0~10度 ^{*2} 0~20度	フルスケールの±5.0%	色度標準液
遊離残留塩素 (cl)	ポーラログラフィー	0~2 mg/L	フルスケールの±2.5%	DPD比色法 ^{*3}
水圧 (PRESS)	半導体検出方式	0~1 MPa	フルスケールの±1.0%	基準圧力計
pH	ガラス電極方式	2~12 pH	±0.1 pH	pH7.9標準液
導電率 (cond)	交流2極方式	0~50 mS/m	フルスケールの±2.0%	KCl標準液
水温 (temp)	サーミスタ方式	0~50 °C	±0.5 °C	基準温度計

TW-100の性能

図4にフィールドテストの結果を示す。ここで注目すべき点は、遊離残留塩素値と水圧の日内変動である。水道水中の遊離残留塩素値はほぼ一定であると考えられていたが、実際は時間帯や周囲の水道使用状況によってかなり変動していることが判明した。このように遊離残留塩素値が日内変動するので、連続測定が非常に有効であることがわかる。

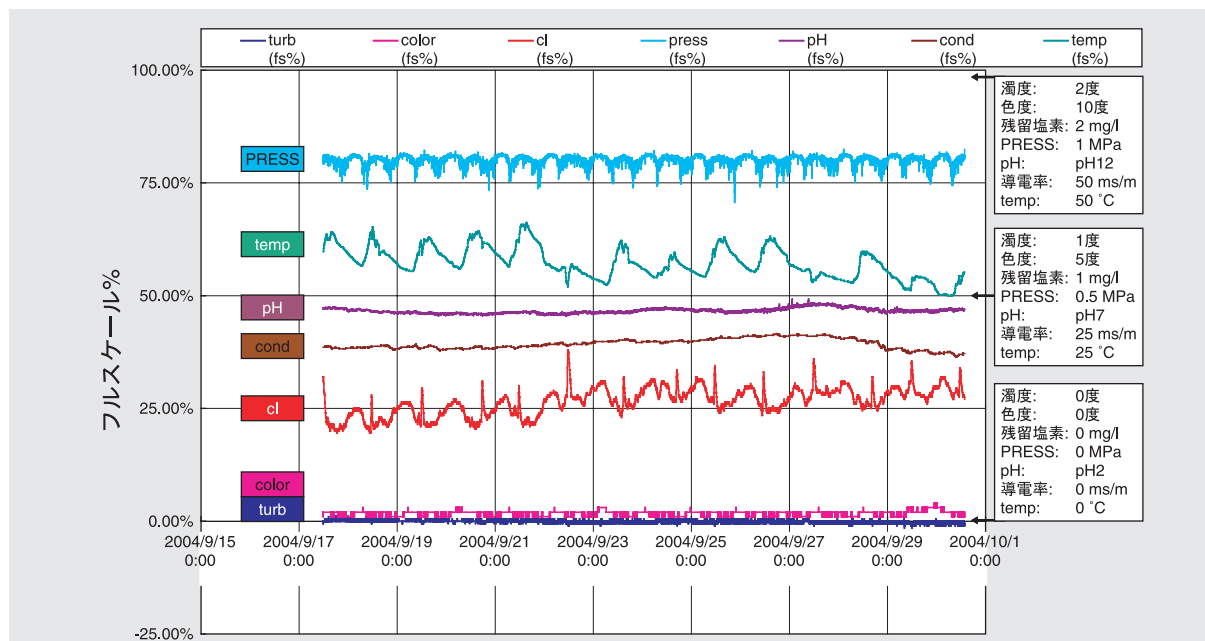


図4 TW-100実装連続測定テストデータ

おわりに

国民の安全・安心な水への関心は高まっている。そうした中で、計測機器が果たすべき役割はますます重要となっている。自動水質測定装置TW-100はHORIBAが長年培ったセンサ技術を凝集した製品である。日本ヘルス工業株式会社の遠方監視システム“水守”と組み合わせた水道水水質遠方監視システムが全国の浄水場・配水施設・給水管末に設置され、水道水質を24時間広域監視することで安全で安心な水道水の供給に寄与し、国民の安全・安心・健康の維持に役立つことを期待している。

参考文献

[1] 日本水道協会, 上水試験方法解説編1993年版 (1993)



小椋 克昭
Katsuaki Ogura
水質計測開発部
Water チーム
チームリーダー



山口 真矢
Shinya Yamaguchi
環境・プロセスシステム営業部
兼 製品企画部
PC リーダー



塚田 徳昭
Tokuaki Tsukada
日本ヘルス工業株式会社
O & M 本部システム事業部
事業部長