feature article

水質安全に貢献する計測技術

Analysis Technologies Supporting Safety of Water

小野瀬 俊宏 Toshihiro Onose　齋藤 功治 Koji Saito　酒井 辰憲 Tatsunori Sakai

水質監視システムは，配水池などの公共施設での監視から一般家庭の給水栓での監視へと展開され，浄水場から給水栓末端の広範囲に及ぶ水質の安全監視が行われている。水質安全の監視では，取水，浄水処理，ろ過池を経て，給水栓末端に至るまで多くのセンサーが用いられる。水道の管理指標としては，「水道事業ガイドライン」の連続自動水質監視度などが周知されており，給水栓端末での水質を管理する連続自動水質監視装置の導入が進められている。「AN700A形無試薬式配水水質モニタ」は，こうした用途に開発された多項目水質計で，監視システムとの接続により，容易に広域水質監視システムを構築することができる。

1. はじめに

近年，水質にかかわる安全性の問題が社会的にも関心を集めている。クリプトスポリジウムなどの微生物，トリハロメタンに代表される有害物質への対策だけでなく，「安全でおいしい水」の確保のため，配水や給水栓末端での水質監視装置を導入する水道事業体が増加している。

社団法人日本水道協会では2005年1月に「水道事業ガイドライン」[1)]を制定した。これは，水道事業の業務内容を数値化して，水道事業の合理的な運用，サービス水準向上をめざすもので，その中の管理指標の一つとして連続自動水質監視度がある。指標となる数値の計算式を以下に示す。

連続自動水質監視度＝（連続自動水質監視装置設置数／1日平均配水量）×1,000〔単位：台／（1,000 m^3／日）〕

この指標は，連続自動水質監視装置による水質監視の度合いを示すものであり，いっそうの連続自動水質監視装置導入のきっかけとなるものである。

こうした背景に対応し，株式会社日立ハイテクコントロールシステムズでは，厚生労働省の水道法施行規則第15条に規定されている毎日検査の自動化に貢献する多項目水質計シリーズとして，AN500/AN700形多項目水質計シリーズと，多項目水質計を有効活用するための水質監視システムを提案している。多項目水質計は，残留塩素の測定方式にDPD（Dimethyl-p-phenylenediamine）比色方式を用いた有試薬式「AN500シリーズ」と，ポーラログラフ式を用いた無試薬式「AN700シリーズ」とがあり，設置サイトの水質によって選択できるようになっている。

ここでは，AN700A形による水質監視を軸として，実例を基に機能，システム構成，および新たな応用例について述べる。

2. AN700A形無試薬式配水水質モニタの概要と機能

2.1 AN700A形の開発コンセプト

連続自動水質監視装置を導入する水道事業体が増えるにつれ，より使いやすく，メンテナンスの容易な多項目水質計が望まれている。AN700A形無試薬式配水水質モニタは，これらの要望に応えた多項目水質計であり，次のような開発コンセプトに基づいている。

第一に，「メンテナンスが容易で，かつ長期安定性を備えた水質計の構築」である。この水質計は給水栓末端である公園，一般家庭などに設置される。したがって，メンテナンス周期が長く，操作内容が容易であることが要求されると同時に，分析計が試料水の性状による付着物などの影響を受けないよう，十分な安定性が要求される。AN700A形は多くの納入実績から，さまざまな条件下で安定稼動できるように改良を重ねている。

第二は「給水栓末端の水質安全性監視とその監視システムの容易な構築」である。従来の水質監視装置が幹線系の設置にとどまっていたのに対し，設置の容易なこの製品によって監視ポイントを末端まで拡大し，給水区域全体の水質監視を行うことが可能になり，水道水の安全性を向上させるものである。この装置には水質計の技術向上だけでなく，最新のITを応用した新しい通信方式による水質データ収集と水質監視システムの考え方も盛り込まれている。

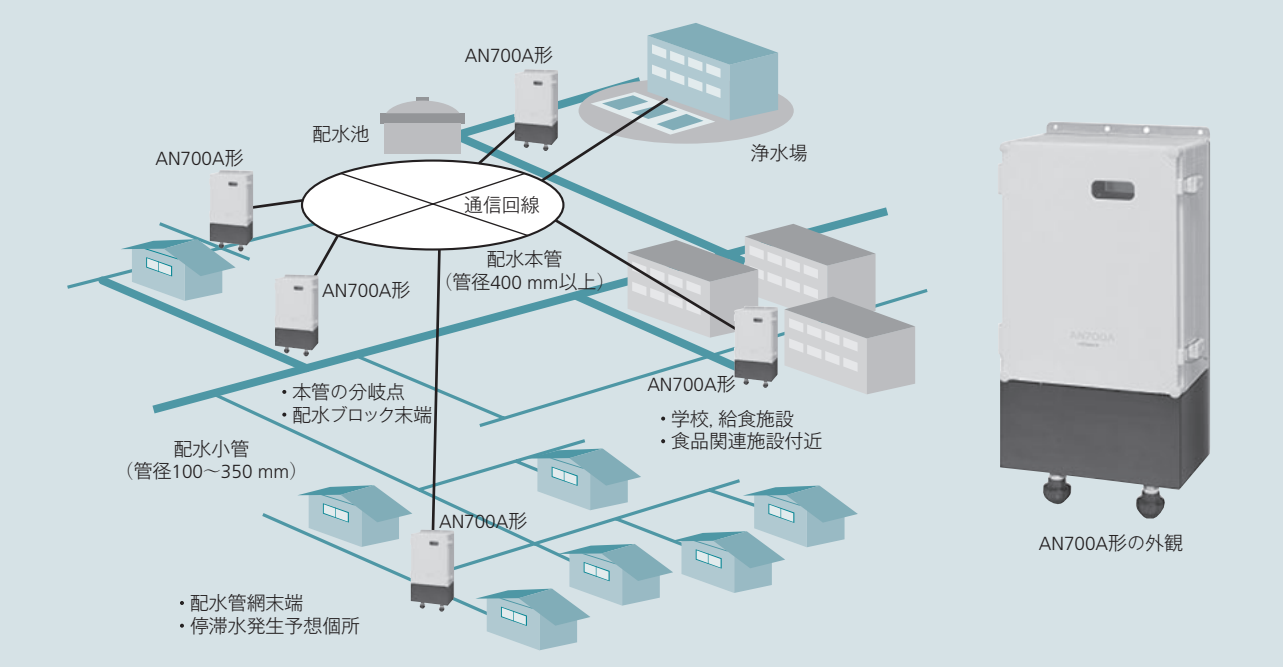


図1　AN700A形の外観と水質監視システムの概要
配水管路網に多項目水質計を配備することにより，水質のさまざまな情報が収集できる。

AN700A形の外観と，水質監視システムの概要を**図1**に示す。

2.2　AN700A形の主な機能

AN700A形の機能と特長は以下のとおりである。

(1) 検査時間の短縮化

水道法施行規則の毎日検査項目（色度，濁度，残留塩素）に，pH，導電率，水温，水圧を加えた7項目の自動計測が可能である。通信を用いた広域モニタリングシステムの構築により，複数個所のデータ収集が可能であり，巡回回数の低減などにより，水質検査時間の短縮化を実現することができる。

(2) 残留塩素センサーに水流ビーズ洗浄ポーラログラフ法を採用

無試薬式であることに加え，水の力を利用した電極洗浄方式のため，機構部が簡単な構造である（**図2**参照）。構造のシンプルさはメンテナンス性の向上にもつながる。性能を維持するためにはセンサーに供給される試料水流量を一定に維持することが必要であるが，付着物に強い薬液用の定流量弁を採用するとともに，気泡による洗浄方式（オプション）を備えることにより，安定性を維持している。

また，透過光法による色度測定の測定部にはシリコンウェーハを微細加工したマイクロセルを用いている。セル内には試料水とゼロ水を交互に通水し，測定ごとのゼロ点校正によって安定した測定を維持する（**図3**参照）。

(3) センサー内に可動部のない構造

メンテナンス性を向上させるため，測定センサー内部からモータ，ワイパなどの可動部を排除した。また，測定流

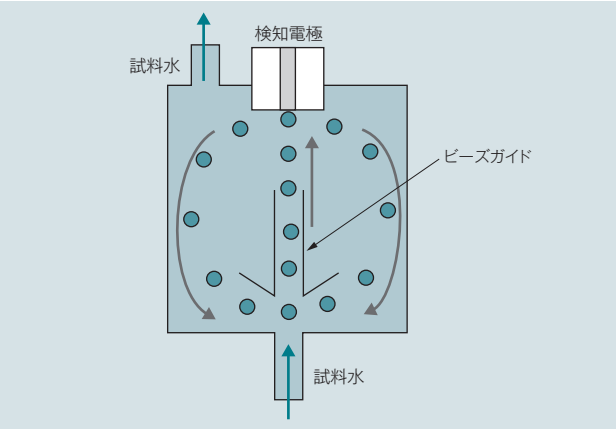


図2　残留塩素セル
水流エネルギーを使った電極洗浄方式，シリコンの微細加工技術を使ったセンサーなど，多くの技術が結集されている。

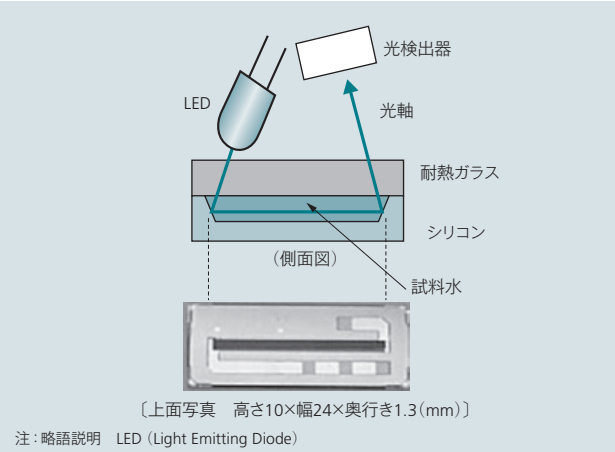


図3　色度用マイクロセル
測定部にはシリコンウェーハを微細加工したマイクロセルが用いられる。

路には電磁弁とシリンジポンプを設け，測定センサーごとの試料水流量を最適値に設定し，試料水流量の低減を図っている。しかも，水流ビーズ洗浄などの動力を試料水のエネルギーから得ているため，全体的な消費電力も低減している。したがって，数日間のバッテリ駆動化も可能としている。こうした設計により，維持管理を簡略化することが可能になった。

(4) 水質監視システムの構築

水質計導入時の水質監視システム構築において，監視用ソフトウェアをパッケージ化したDMT700形水質データモニタをラインアップしている。通信媒体として，公衆回線，パケット通信，ISDN (Integrated Services Digital Network)，ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) などを用いることができ，データの収集・監視とともにトレンド表示，日報，月報などを作成できる。システム構成を**図4**に，DMT700形の機能・画面展開を**図5**にそれぞれ示す。こうした水質監視システムにより，各地域の水質の傾向がトレンドとして把握できる。その結果，残留塩素の均てん化，注入量の最適化など，きめ細かい水質管理，安全監視への応用が可能となる。

3. AN700A形無試薬式配水水質モニタの構成例

3.1 水質監視システムへの応用

水質監視システムの具体例として，人口100万人以上の大都市において，市内全域に連続自動水質監視装置を導入し，水質監視システムを構築している例について述べる。このシステムの特長は以下のとおりである。

(1) 一般家庭への水質計の設置

こうしたシステムでは，給水栓末端での水質計測のため，一般家庭に水質計が設置されることが多い。したがって，通常の屋外収納盤は設置できないため，水質計と通信機器を収納できる小形収納盤を用意している（**図6**参照）。

(2) パケット通信を用いた水質監視システム

このシステムの特長は以下の3点である。

(a) 通信媒体にパケット通信を用いている。市内の数十か所に設置されている水質計は，1分水質データを内部に蓄積し，上位システムは1回／1日の周期でデータを収集し，水質データを集中管理する。また，水質計の稼動状況はマップ上に表示される。

(b) トレンド作成，帳票処理，CSV (Comma Separated Values) データバックアップなどのデータ処理が可能である。また，上位からの水質計に対する洗浄指令，手動操作も可能である。

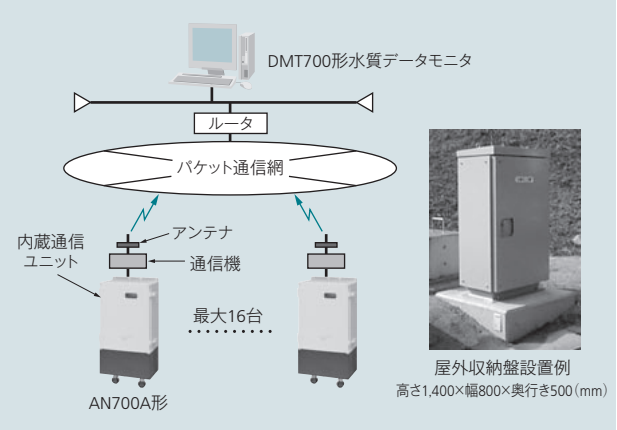


図4　DMT700形を用いた水質監視システム例と屋外収納盤例
DMT700形水質データモニタと組み合わせることにより，水質監視システムが容易に構築できる。

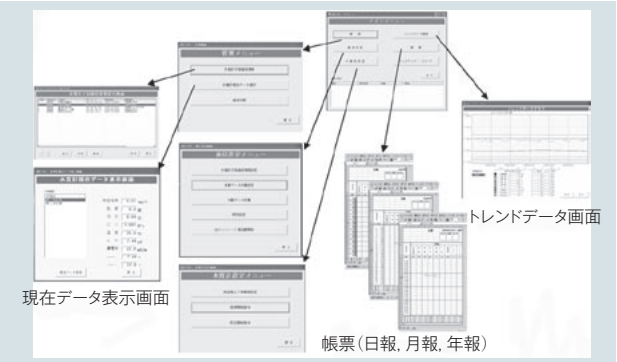


図5　DMT700形の機能・画面展開例
PC画面上に，トレンド，帳票，状態監視項目が展開される。

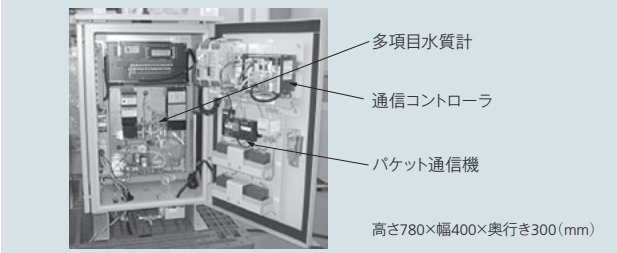
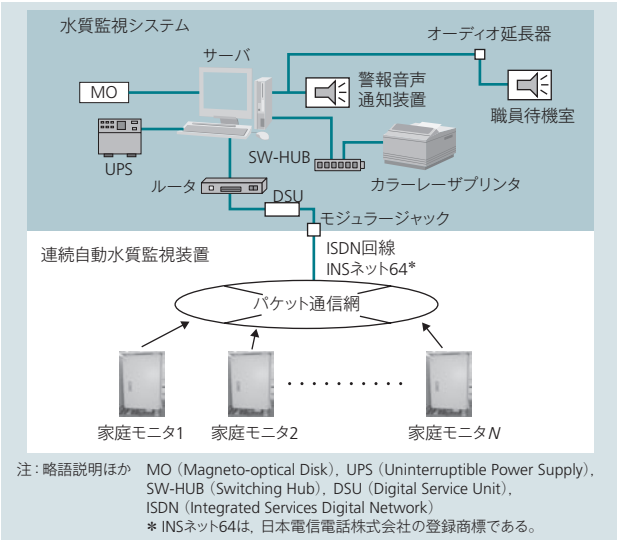


図6　小形収納盤
家庭に設置するため，必要最低限の機能・容積での設計としており，高さ780×幅400×奥行き300 (mm) である。



注：略語説明ほか　MO (Magneto-optical Disk)，UPS (Uninterruptible Power Supply)，SW-HUB (Switching Hub)，DSU (Digital Service Unit)，ISDN (Integrated Services Digital Network)
＊INSネット64は，日本電信電話株式会社の登録商標である。

図7　水質監視システムの構成例
パケット通信回線を介し，家庭に設置された水質モニタからの情報を収集する。

(c) 水質計の警報は上位で集中管理されると同時に，警報が発生した場合は音声通知される。また，水質計に対する上下限警報値なども上位からの設定・変更が可能である（**図7**参照）。

3.2　付着物対策による信頼性向上

AN700A形は，メンテナンス周期を長期化できるような設計コンセプトとしているが，設置場所の条件によっては，内部配管への付着物の蓄積などにより，測定値に影響が出る場合がある。例えば，配水末端での圧力変動により，配管内部の付着物が剥（はく）離し，これが定流量弁に堆（たい）積し，残留塩素指示が徐々に低下する場合がある。このようなことを想定して，AN700A形はセンサーに以下の洗浄機構を備えている。

(1) 色度・濁度測定ライン

気泡洗浄，洗剤洗浄が可能である。ほとんどの場合，流路の気泡洗浄によって安定な測定が維持できるが，クエン酸をベースとしたより強力な洗剤洗浄も可能である。この切り替えは設定部から可能である。

(2) 残留塩素測定ライン

通常の測定では残留塩素測定ラインに対して洗浄を考慮する必要はほとんどないが，まれに上述のように内部に付着物が堆積し，残留塩素測定の安定性が損なわれる場合がある。こうしたことを想定し，AN700A形には流路に空気と試料水の混合液を通水し，洗浄力をさらに高めた気泡洗浄ユニットを装着することができる（オプション）。残留塩素ラインへの気泡洗浄の効果を**図8**に示す。洗浄の効果が十分に発揮されていることがわかる。

3.3　バッテリ駆動簡易設置配水水質モニタへの応用

水道事業体では，配管メンテナンスの一環として配管洗管作業を行うことが多い。こうした場合，赤水が発生し，それが復旧レベルに達したかどうかは頻繁な濁度・色度の手分析が必要である。AN700AM形簡易設置形水質モニタは，AN700A形の測定性能を維持しつつ，バッテリ駆動を可能とした簡易設置形水質モニタである（**図9**参照）。移動可能で，バッテリを装着できる架台と水質計から構成されており，約2日間の連続駆動ができる。また，通信機能も備え，PCと接続してトレンドを確認することも可能である。これにより，洗管作業時に水質がどのように回復するかをオンラインで監視できる。そのほか，水道事故発生時の現地水質測定，水質巡回点検時のツール，配管老朽化と停滞水検知などにも応用することができる。

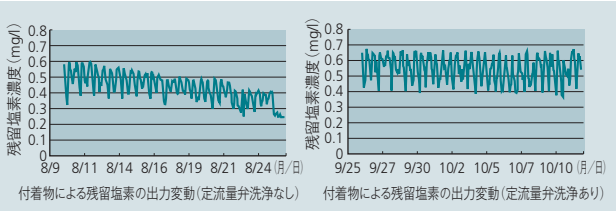


図8　残留塩素測定ラインへの気泡洗浄の効果
左は付着物の影響で残留塩素指示低下が認められているが，右では気泡洗浄の効果が大きく，安定した指示を示している。

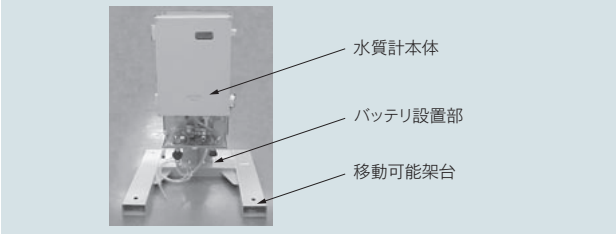


図9　AN700AM形簡易設置形水質モニタ
DC12Vバッテリで2日間駆動できる移動可能な小形架台付き水質モニタの外観を示す。

4.　おわりに

ここでは，AN700A形による水質監視を軸として，実例を基に機能，システム構成，および新たな応用例について述べた。

現在，環境問題として地球温暖化が大きく取り上げられ，これからは水道水源の確保と原水の水量・水質維持が重要な問題になると考える。そうした時代の中で，水質センサーの技術は重要であり，いかに安全で良質な水道水を供給していくかが，水道にかかわるわれわれの命題である。今後とも，さまざまな角度から水道を見つめ，新しい技術・製品を提供し，水質安全に貢献していく所存である。

参考文献

1）　社団法人日本水道協会：水道事業ガイドライン（JWWA Q 100：2005）（2005）

執筆者紹介

小野瀬 俊宏
1990年日立製作所入社，株式会社日立ハイテクコントロールシステムズ 計測制御設計部 所属
現在，水質計の設計業務に従事

齋藤 功治
1979年日立製作所入社，株式会社日立ハイテクコントロールシステムズ 計測制御設計部 所属
現在，工業計器全般の設計および事業推進業務に従事

酒井 辰憲
1971年日立製作所入社，株式会社日立ハイテクコントロールシステムズ 計測制御設計部 所属
現在，上水道システムの事業推進に従事