

Readout

HORIBA Technical Reports

特集 粒子をはかる

January 1992 ■ No.4

汎用水質計の変換器と検出器 α -900シリーズ

Transmitter and Probes for the α -900 Series
All-Purpose Water Quality Meter

山内 進・鈴木理一郎

Susumu YAMAUCHI, Riichiro SUZUKI

(Pages 66-72)

株式会社 堀場製作所

汎用水質計の変換器と検出器 α -900シリーズTransmitter and Probes for the α -900 Series All-Purpose Water Quality Meter

山内 進・鈴木 理一郎

Susumu Yamauchi, Riichiro Suzuki

要 旨

水質の指標 pH/酸化還元電位, 比抵抗/電気伝導率, 溶存酸素を測定する汎用水質計(α -900シリーズ)変換器と検出器を開発した。変換器にはマイコンを搭載して操作性を向上させ, また温度補償演算などを高精度に処理することができ, さらに伝送出力や警報接点が備わっており, 現場での制御にも適するものとなっている。また検出器は α -900シリーズ用に pH, 酸化還元電位, 電気伝導率電極を新たに開発した。pH 電極は外套にポリサルフォンを採用して取扱を容易にし, またダブルジャンクション型の液絡にすることで安定性を高めている。電気伝導率電極の材質には腐食に強いチタンを採用して安定性を高め, 絶縁材質にはテフロン系のものを採用して, 耐熱性および信頼性を高めている。

Abstract

We have developed the α -900 Series of transmitter and probes for measuring the various indicators of water purity, i.e., (1) pH and oxygen reduction potential (ORP), (2) specific resistance and electrical conductivity (COND), and (3) dissolved oxygen (DO). The α -900 Series transmitter unit is coupled to a microcomputer; this gives the unit increased utility and flexibility, including the ability to do such high-precision processing as measurements done with temperature compensation; the unit also has output ports for the transmission of data to an external device and for warning signals. These features make the α -900 Series transmitter ideal for on-site control applications. The α -900 Series probes use specially designed sensors for pH, ORP, and COND. The pH sensor uses a polysarufon cover for easier handling; a double liquid junction improves stability. The COND sensor is made of titanium, which is highly resistant to corrosion, also improving stability; the insulation portion of the COND sensor is made of Teflon materials, greatly increasing its heat-resistance and reliability.

1. はじめに

水質計測の中で pH, 電気伝導率, 溶存酸素濃度は最も基本的な項目である。

これらの項目を測定したり, 現場でローカルな制御を行いたいとき, また現場のデータを中央に送るとき手軽に実装できる変換器およびそれらに用いる検出器を開発した。現在までに pH, 酸化還元電位 (Oxidation Reduction Power :

ORP), 溶存酸素 (Dissolved Oxygen : DO) および比抵抗 / 電気伝導率 (Resistivity/Conductivity : R/C) の各検出器と 4 機種の変換器を α -900 シリーズとして製品化した。本稿ではこれらの変換器の構造, 検出器の特長, ならびにソフトウェアなどについて述べる。

2. 変換器の概要と特長

α -900 シリーズの変換器には, 各検出器からの信号を校正して測定値を表示, 伝送するとともに設定値に対する警報接点を出力する機能がある。pH および ORP 計の変換器としては TD-950 と TD-960 が, 溶存酸素計の変換器としては TD-980 が, 比抵抗/電気伝導率の変換器として TD-920 がそれぞれ用意されている。表 1 に 4 機種の一覧を示す。

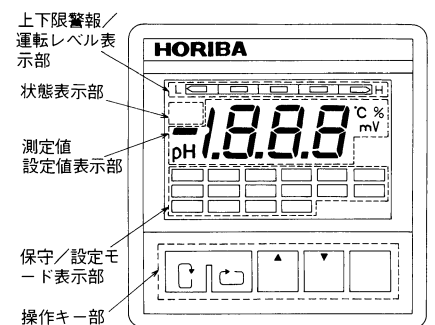
これらの変換器の特長はワンチップマイコンが搭載され, 機能の拡大と測定精度の向上を実現させていることにある。また DIN96 サイズに統一して計装盤への取付を容易にし, 見やすい液晶画面でデータの読み取りおよび各種モードの設定などを行なうことができる。一方マイコンを搭載したことにより機能は充実しても操作が難しくなるようでは実用的でない。この点を考慮して液晶画面に操作手順をカーソルで案内する方式を採用している。またモードキー, アップダウンキー, エンターキーの 3 種類 (5 個) のキーで全ての操作が可能なソフトを搭載して操作性を高めている。図 1 に TD-960 の外観とフロントパネルを示す。検出器の校正データ, 各種モード設定のメモリーには, 不揮発性メモリー (Electrically Erasable and Programmable ROM ; EEPROM) を採用しており, 電源投入時には前回の測定条件が保持されているので改めて再設定する必要はない。また誤計測の防止および異常箇所の早期発見のためにエラーを知らせる表示および接点が備わっている。



(A) 外観
Over view

形式名	測定対象	測定範囲	特長
TD-950	pH/ORP	0-14pH ±1400mV	ワンタッチ自動校正 電極診断機能
TD-960	pH/ORP	0-14pH ±1400mV	上記機能に加え 時間比例制御出力
TD-920	比抵抗/導電率	0-20MΩcm 0-10mS/cm	超純水の温度補償機能 2 測定チャンネル
TD-980	溶存酸素	0-25mgO/l	時間比例制御出力 ワイドレンジ

表 1 α -900 変換器仕様
Specifications : α -900 Series transmitter



(B) フロントパネル
Front Panel

図 1 pH/ORP 変換器 TD-960
Model TD-960 pH/ORP transmitter

3. 変換器の内部構成について

3.1 ハード構成

α -900 には 8 bit のワンチップマイコンが搭載されているが, その周辺のインターフェイスを含めた回路を図 2 に示す。A/D 変換器は, 2 重積分-コンパレータ出力型の A/D 変換チップと, ワンチップマイコン内の 16bit カウンターによって構成される。D/A 変換器はマイコンからの周期信号を充放電する積分器とサンプルホールド回路で構成されている。周期伝達にフォトカプラを用いて入出力信号を絶縁している。この種の変換器は電氣的に試料水と接続され

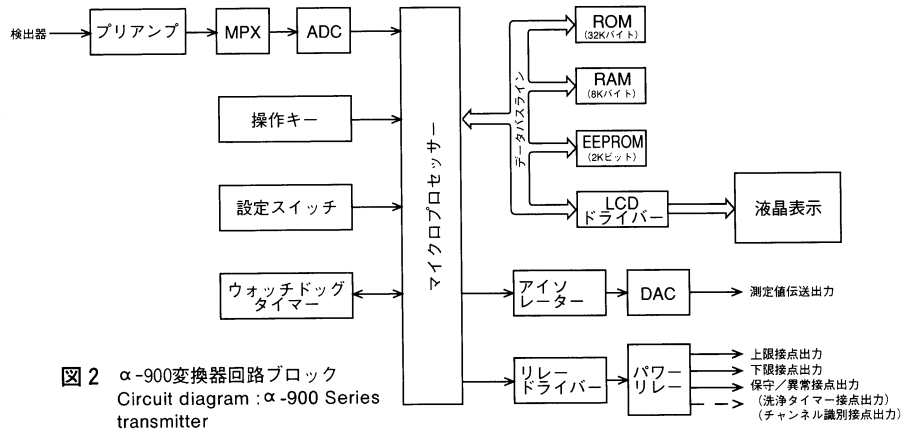


図2 α-900変換器回路ブロック
Circuit diagram : α-900 Series transmitter

るため、変換器の信号絶縁機能は重要である。伝送出力は DC 4-20mA のほかに DC 0-16mA が内部のスイッチで選択できる。伝送出力のレンジ(出力範囲)は TD-950と TD-960は内部設定スイッチにより、また TD-980と TD-920はキー操作により現場で簡単に変更できる。4個の出力接点全てに容量 625VA、最大電圧 AC 250V、最大電流 5 A のパワーリレーを搭載しており、小規模な制御機器なら直接駆動することができる。4個の接点は上限、下限、保守中、洗浄器制御、チャンネル切り替え案内信号などに用いている。表示器には大型の液晶ディスプレイを装備しており測定値、各種設定値、操作モード、エラー情報などを表示することができる。マイコンの正常動作はウォッチドッグタイマーで監視しているので万一の異常発生時にもマイコンを自動復帰させる機能がある。メモリーにはプログラムと演算用の ROM, RAM のほかに校正データ、設定条件などを記憶するための EEPROM があり、電源を切っても設定内容は失われず、また電池の消耗でデータが消える心配もない。プリアンプ部は pH/ORP 計, R/C 計, DO計 それぞれに専用の回路が搭載されているが、温度測定回路は全ての機種に共通となっている。

内部のプリント基板は表面実装技術によりコンパクト化され基板間の接続は全てコネクタを使用して保守を容易にしている。ケースは DIN96サイズのパネルマウントタイプで、計装システムへの組み込みが容易である。

3.2 ソフトウェア

ソフトウェアは、操作性を良くするためにカーソルの案内でモードを選択する方法を採用している。各モードではアップキー、ダウンキーで数値入力およびメニュー選択を行いエンターキーで完了させることが基本的な操作であるが、さらに pH 計, DO 計では校正をワンタッチ化させて数値の入力などの手間を省いている。pH の電極には不斉電位差、液間電位差などの誤差要因が考えられる。そのため定期的な標準液校正が不可欠である。一方標準液の pH は温度によって若干変化する。この変化量(温度と pH の関係)を記憶させているので、校正液の温度が基準温度以外であっても正確な校正ができる。校正方法は、電極を所定の校正液に漬け、校正モードに合わせエンターキーを押すだけで済み、校正動作が開始された後は自動的に電位の安定を判断して校正を完了する。

pH 測定におけるトラブルや誤差の発生原因は、ガラス電極応答膜の汚れ、比較電極の液絡部の詰まり、比較電極内部液の汚染希薄化などが考えられる。これらは電極感度の劣化、不斉電位の増大、ドリフト、応答速度の劣化となっ

て現れるが校正のときに得られる電位から電極の良否を判断することもできるようにしている。

DO 計はゼロとスパンの 2 点で校正するが、ゼロは検出器を外してエンターキーを押す、スパンは大気へ検出器を曝すか、曝気処理をした飽和溶存酸素の液に漬けてエンターキーを押すと完了する。スパン校正のときには検出器からの信号量で検出器の良否(寿命)を判定している。

高精度な温度補償が可能なのはマイコンを搭載した場合の特長である。pH 計では検出器の温度特性と校正液の温度特性を、R/C 計では純水の電気伝導率の温度特性と不純物の温度特性を、DO 計では飽和溶存酸素の温度特性と検出器の温度特性をあらかじめ記憶させておくことで、従来アナログ回路による補償方式では成し得なかった理想的な温度補償が可能となった。

時間比例制御は、pH 計(TD-960)と DO 計に採用されており、上下限接点の動作を単純な ON/OFF 動作のほかに比例帯を設けて、より安定な制御を目指すものである。また、ON/OFF 動作、時間比例制御動作ともに不感帯を設定できるので多様な制御が可能になる。図 3 に比例制御の動作を示す。

R/C 計にはこのほか、2 個の検出器を扱う機能、電気伝導率と比抵抗の 2 モードを扱う機能、2 個の測定値から塩分除去率を計算する機能がある。2 個の検出器は固定モードと交互測定モードがあり、交互測定モードでは切り換え時間を設定できる。また、上下限設定、セル定数などは 2 個の検出器に対して別々に設定できる。

いずれの変換器も保守中および異常発生時には、伝送出力を次の 3 種類に設定できるようにしている。

- ①ダイレクト出力：校正時のデータを残したいとき信号をそのまま出力する。
- ②プリセット出力：保守/異常時に制御系を乱したくないとき、あらかじめ任意に設定した値を出力する。
- ③ホールド出力：保守/異常時に制御系を乱したくないとき、直前の測定値をホールドして出力する。

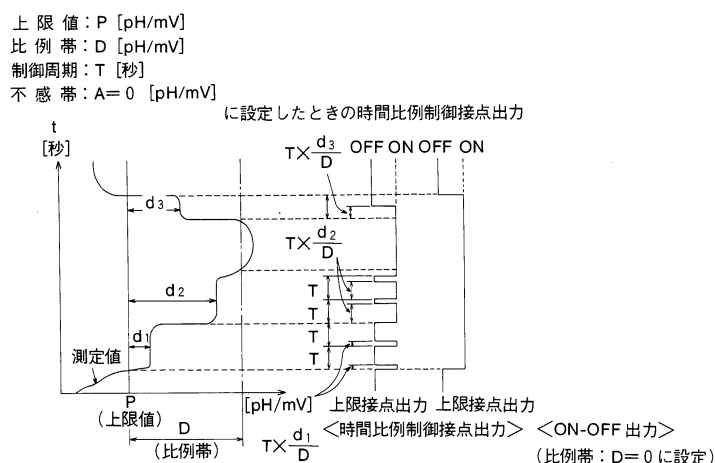


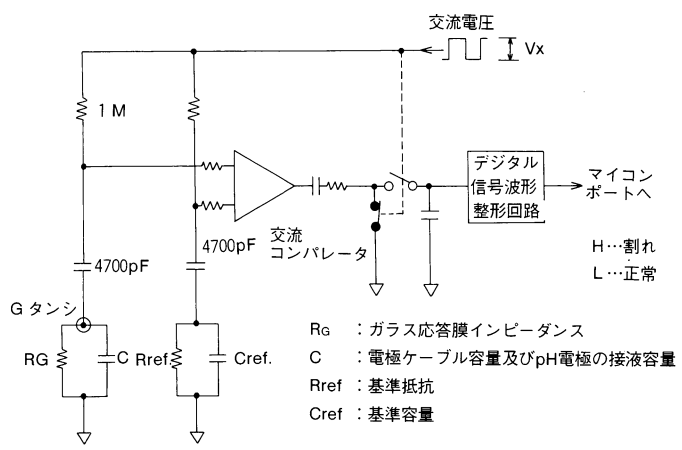
図 3 時間比例制御出力の動作
 Operation of the proportional control output

3.3 プリアンプ

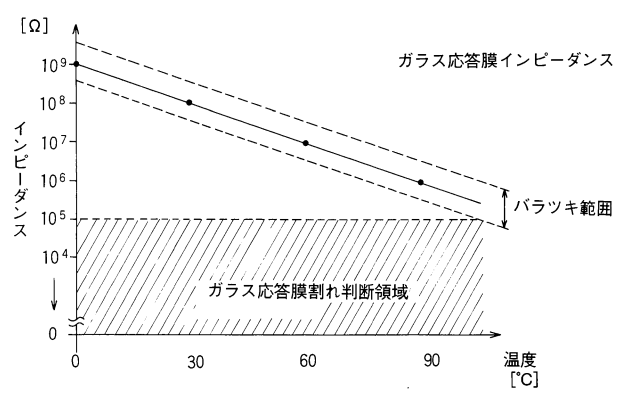
pH 計のプリアンプには、電極の破損およびケーブルの絶縁低下の検出機能を備えている。pH 電極のガラス応答膜の異常検知は、ガラス電極と比較電極間のインピーダンスが正常範囲からはずれることによって判断している。

図4に電極の異常を検出する回路のブロック図を示す。ガラス電極と比較電極に常時交流を印加し、両端の抵抗を測定する。この方法は、pH測定中でも異常を検出できる利点がある。抵抗値はケーブルの長さにより変化するので、最大100mまで延長しても抵抗を精度良く検出する補正スイッチを設けている。

R/C計のプリアンプには定電圧交流発生回路と基準抵抗の両端の電圧を検出する回路が備わっている。検出器と基準抵抗を直列に置きその両端に交流電圧を印加すると、検出器の抵抗は基準抵抗の両端の電圧から計算で求めることができる。この方式は、電気伝導率と比抵抗を同時に測定することができる利点がある。DO計のプリアンプの初段にはオフセット電圧の温度ドリフトが小さい高入力インピーダンスのオペアンプを備えており、フルスケール0.04μAの微小電流を安定に検出することができる。

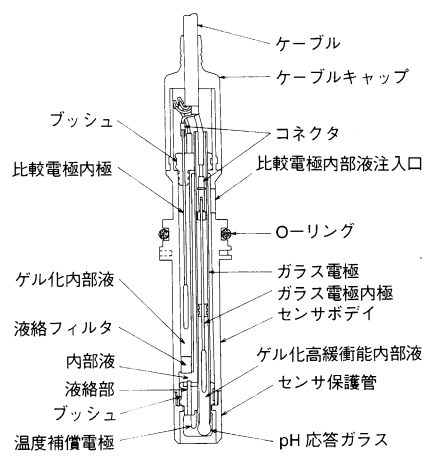


(A)回路図
Circuit



(B)ガラス応答膜の温度特性
Temperature characteristics of glass membrane

図4 pH電極割れ検出の原理
Principle of ratio detection in the pH electrode



pH測定範囲	pH 0~14
使用温度範囲	-5~80°C
内部基準電極	銀/塩化銀
比較電極内部液	3.33mol/l -KCl
液絡部 内側	多孔質プラスチック
液絡部 外側	多孔質セラミック
接液部材質	PSF, バイトン、ガラス、セラミック

図5 #6150形 pH電極の構造と仕様
Model #6150 pH electrode : configuration and specifications

4. 検出器の構造と特長

4.1 pH電極

pHおよびORP電極は取扱いが容易で経済性に優れたプラスチック(ポリサルフォン)を採用した。内部液をゲル化したダブルジャンクション型の液絡部により電極の汚れの影響を少なくし測定の安定性を向上させている。またガラス電極と比較電極の内極の熱伝導をバランスさせることにより、電極に温度変化を与えたときの電位のヒステリシスを減少させている。図5に新しく開発されたpH電極(当社の型式#6150)の構造と仕様を、図6に当社の従来の電極と比較した#6150の温度応答特性を示す。グラフは中性リン酸塩緩衝液の25°Cの液から50°Cの液に電極を入れ換えたときおよびその逆の操作を行ったときの起電力の時間変化を記録したものである。温度応答にうねりとヒステリシスがなく、最終安定点に達する時間も短縮されている。

4.2 DO電極

DO電極はガルバニセル方式である。従来からの隔膜の張り替えタイプの電極では作業に熟練が必要であったり、膜のゆるみが発生するなどの欠点があっ

た。これらの欠点を解消するために、電極を定期的に交換する方式を採用している。電極は大気中に曝した場合には1年以上の寿命がある。曝気槽など固形物が多く隔膜の表面が傷み易い場所には隔膜の厚みを増して耐久性を向上させたタイプも開発している。図7にDO電極とプローブの写真を示す。温度電極はプローブに内蔵されている。

4.3 COND 電極

電気伝導率の測定用にはセル定数の異なる電極(セル定数:0.01, 0.1, 1.0, 10)を用意している。また取付方法に応じて長さを2種類用意している。金属電極の材質は錆や腐食が起こりにくいチタンを、絶縁部には耐熱性の高いテフロン系の材料を用いて信頼性を高めている。標準はテーパネジ(PT3/4)により取付けるが、フランジによる取付けも可能である。図8にCOND電極を示す。

5. アプリケーション

α-900シリーズは、汎用水質計として幅広い分野で使われている。次にいくつかの応用例を示す。

(1) 環境用水質モニター(WARA-25)

河川、湖沼などの水質監視用として、pH、ORP、電気伝導率、溶存酸素、温度、濁度を連続測定する環境用水質モニターWARA-25には本α-900シリーズを用いている。図9にWARA-25の外観を示す。

(2) 廃液処理施設のpH制御

中小規模の廃液中の中和処理にTD-950/TD-960を用いた例を図10に示す。上限接点と下限接点とを用いて2台のポンプを操作し、pHを制御する。比例制御を用いるとより脈動の少ない制御が可能である。

(3) 印刷湿し液の濃度管理

最近では印刷機械の湿し液の濃度制御にTD-920(電気伝導率モードセル定数10)が用いられている。

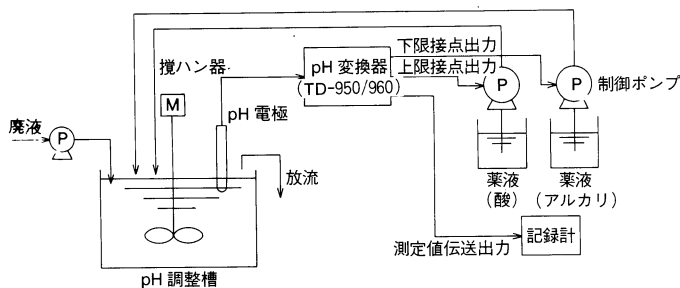


図10 pHコントロールシステム
pH control system

(4) 超純水の水質管理

超純水に近い水の比抵抗の25℃の値を測定するためには純水の温度補償が不可欠となる。TD-920は超純水プラントや超純水を扱う洗浄器などに、取り付けることができる。また逆浸透膜、イオン交換樹脂の前後に検出器を取り付けると、イオンの除去率から機能の低下、寿命を知ることができる。

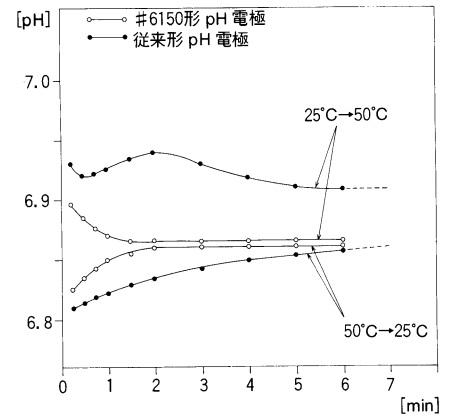


図6 #6150形pH電極の温度応答特性
Model #6150 pH electrode :
temperature response characteristics

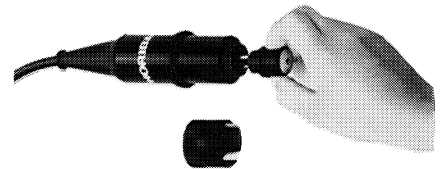


図7 DO電極とプローブ
DO electrode and probe

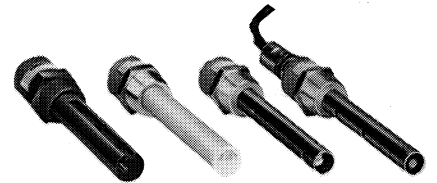


図8 電気伝導率電極
Electrical conductivity electrode

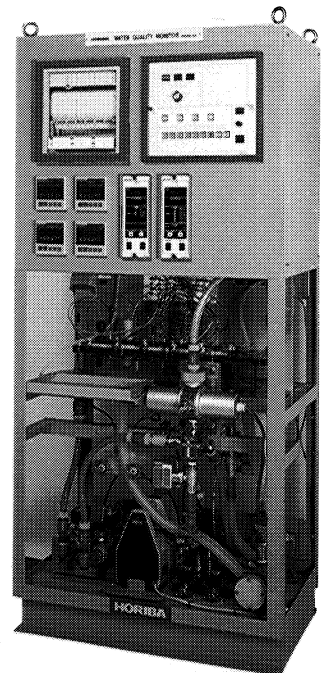


図9 水質モニターシステムWARA-25
The WARA-25 water quality monitor

また半導体プロセスの洗浄行程での自然酸化膜の発生を抑えるために純水中の溶存酸素を除去しているが、この行程の監視を TD-980 で実現できる。

(5) 発酵槽内の環境監視

微生物を利用する発酵槽内の pH、DO などの測定は欠かせないものである。TD-980、TD-950、TD-960 を用いれば、pH と DO の測定と制御が容易に実現できる。

6. おわりに

α -900 シリーズは、変換器に機能を集中させたことで、単に水質測定だけでなく、制御を試みようとする目的には、トータルコストを下げ、また省スペースや省力化にも役立つものである。今後は変換器の測定対象を広げ、なおいっそう使いやすい装置を目指して開発を進めていく所存である。



山内 進
Susumu Yamauchi
開発 2 部 主任
1960 年 3 月 17 日生
京都工芸繊維大学
工業短期大学部電気工学科



鈴木理一郎
Riichiro Suzuki
開発 2 部 主任
1953 年 1 月 7 日生
大阪大学
基礎工学部物性物理工学科

