

# 長期水質モニタリング用導電率計

山根崇寛・佐野 康

## Development of the S & DL EC meter for the long term water quality monitoring

Yamane Takahiro, Sano Ko

### Abstract

A new S&DL EC(Electric Conductivity) meter with high accuracy and long term stability for water quality monitoring has been developed.

The EC measurement is important to evaluate the ground water such as sea water intrusion to the ground and contaminated water caused by chemical materials, etc. The measurement system must have a good stability and maintenance-free function for the use of long term automatic monitoring. The EC meter can measure parameters of electric conductivity, temperature and water level simultaneously.

One of the advantage is that the EC meter is using non-contact measurement technology based on an electro-magnetic theory. And this technology has brought a good stability of the measurement.

3 sensors and a data logger are installed in the probe. That is why we call S&DL(Sensors & Data Logger). Because of installing the data logger just near the sensors, we can shorten a wiring between the sensors and the data logger and it eliminates an electrical noise. And also, the electrical circuit boards including a signal conditioning circuit on the data logger is always in the borehole in which temperature is expected to be constant, we can measure the data with good stability.

The battery unit with RS-232C interface is set at the top of the borehole casing and we do not need to pull the probe up to the surface when acquiring the data from the data logger in the probe.

We evaluated the system by cross-checking with a measurement system in laboratory and got a good result. We concluded EC meter would be one of a practical measurement system for the purpose of environmental monitoring.

キーワード：導電率，環境測定，地下水汚染，水質，モニタリング，

## 1 はじめに

地下水汚染や塩水化問題における調査手法として、地下水の導電率をモニタリングする方法が広く利用されている。この方法は、導電率が水に溶けているイオンの量と良い相関関係を持つことを利用しており、導電率を測定することで地下水の汚染や塩水化に関する状況を把握するものである。地下水に溶けているイオンの量は水位によって変化するため、水位と導電率の両方を同時に計測し、両者の相関を求めることで、地下水汚染の原因や実態の把握に役立てることが可能である。

これまでの導電率モニタリングは、採水による水質分析や、水位計と投込式導電率計を併設していた。しかし、投込式導電率計の多くは、電極式によるものであり、長期間での測定において、電極にスケールが付着して出力値が不安定になることが多かった。そこで我々は、スケール付着の影響を受けにくい非接触で測定する電磁誘導方式のセンサを用い、同時に水位と温度を自動的に定時モニタリングできる装置を開発した。(図1)

## 2 導電率測定の利用方法

導電率の測定は、主に地下水汚染の原因や実態の把握、水質による地下水の挙動の把握等に用いられる。

導電率は水に溶けているイオンの量により変化する。

そのため、導電率を測定することはすべての水に溶けているイオンの量を推定するもっとも簡単な方法の一つである。

### 2・1 地下水汚染調査

工場近辺や廃棄物処分場において、汚染物質の漏洩等により地下水汚染が起こっているかどうかを判断するために、水位と導電率のデータは広く利用される。一般的には、雨水の導電率は非常に小さいため、降雨浸透による自由地下水面の上昇にともなって地下水の導電率は低くなる。しかし、汚染源が地下水面以浅で近くにある場合、降雨浸透により汚染物質が溶け出し、移流するため、導電率が高くなる傾向を示す。このような状況は、水位と導電率を同時に測定することで検出可能であり、汚染の機構の解明にとって有効な情報となる。また、水理地質状況とあわせることにより、汚染源の特定、汚染範囲を推定できる。

更に、トンネルなどの地下掘削工事における地下水に対する影響を監視するためにも利用可能である。掘削後のコンクリート覆工等に伴って、セメント成分がイオンとして溶け出すと、地下水の導電率が上昇する。トンネル掘削の計画路線近傍で、導電率をモニタリングすることで、地下水へのセメント成分混入の影響やトンネル湧水等による地下水障害を監視できる。

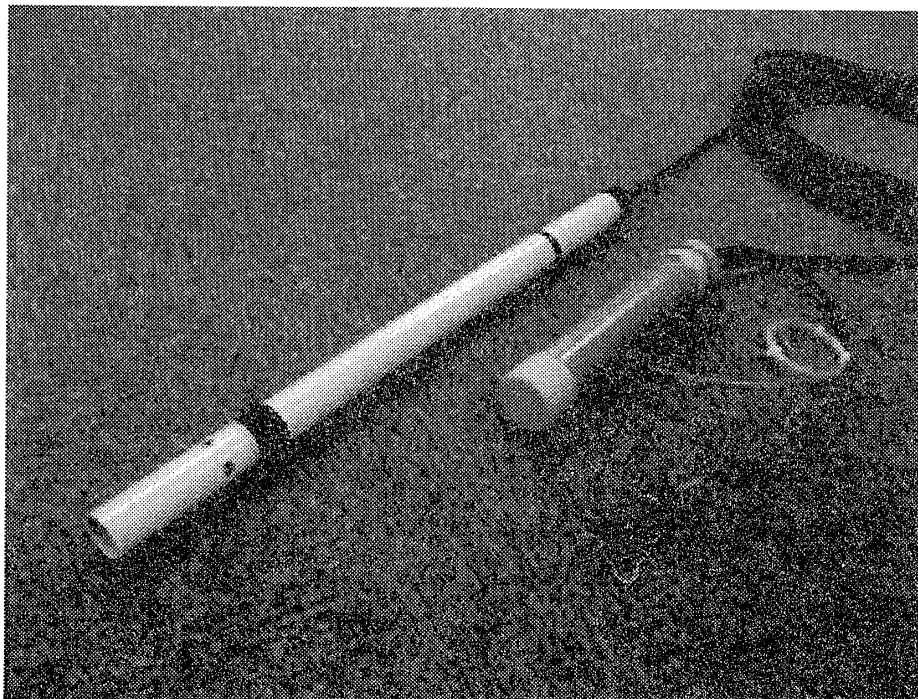


図-1 水位・導電率計の外観

Fig.1 The photograph of S & DL EC meter.

## 2・2 地下水挙動調査

導電率の測定は、地下水の挙動を把握するためにも利用される。例を示すと、地下水の帯水層を同定する場合、上流側の井戸から塩水等の高い導電率の溶液を注入し、下流に設けた観測孔で導電率を連続測定する。導電率の変化を測定し、到達時間から地下水の流速を把握することができる。

また、河口付近における塩水化の把握にも利用できる。河川への海水の遡上する区間で河川沿いに側線を取り、各点においてプロファイリング測定することで海水の動きが確認できる。

## 3 S&DL水位・導電率計の設計

導電率の測定は、地下水汚染の原因や実態の把握、地下水挙動の把握において有用な手段であり、ここに示した事例以外にも多くの利用方法が考案されると考えられる。これらの測定に簡便に使える道具として、水位と導電率を同時にモニタリングする装置を開発した。

### 3・1 開発の基本方針

地下水の環境モニタリングを簡便に、しかも長期間安定して行える機器を開発するため、以下に示す基本方針を定めた。

- ① 地下水の水質変化を把握するため、水位、導電率、温度を自動的に収録する。
- ② 長期間の連続測定におけるドリフトをできるだけ小さくする方法を検討する。
- ③ 気候変化や外来ノイズの影響を受けにくい構造を検討する。
- ④ 外径34mmと小型化し、小口径のボーリング孔に適用できるようにする。

### 3・2 装置の構成

装置の構成を図2に示す。基本方針①を満たすために、1つの函体内に導電率センサ、温度センサ、そして水位測定のための圧力センサを組み込んだ。水位の算出は、あらかじめ把握しておいた設置深度と、測定した水圧から求めた水頭により求まる。水圧における大気圧補正は、ケーブル内にベントチューブを通すことで対処した。測定は、 $\pm 0.2\%$ F.S.の精度で測定可能である。

基本方針②を満たすためには、できるだけ長期間メンテナンスフリーで測定を継続させる必要がある。従来の電極式導電率センサは、孔内で長期間、測定を続けると

電極にスケールが付着する。それは、電極が直接孔内水に接触しているからである。スケールの付着により、電極の面積が変化して測定値のドリフトが発生する。そこで本装置では、電磁誘導方式の導電率センサを用いることで電極式の欠点を大幅に低減させた。

基本方針③の対策としては、計測部（アンプやA/D変換器）とセンサをプローブ内に収めた。計測部が温度変化や外来ノイズに大きく影響を受けるためである。また、これにより、信号線を短くでき、更に一年を通じて温度条件の変化が比較的少ない孔中に配置させることで、安定した測定が可能となる。A/D変換器でデジタル化された測定データは、プローブ内のメモリに保存される。プローブのメモリ容量は約5800データ分あり、1時間毎に測定した場合、半年以上のデータが保存可能である。

基本設計④については、プローブの外径を $\phi 34\text{mm}$ に仕上げた。これは、ロガー部をハイブリッド化し、一枚のプリント基板に収めることで解決した。

装置の仕様を表1に示す。

### 3・3 電磁誘導式導電率センサの基本原則

電磁誘導方式の導電率センサとは、誘導電流から溶液の導電率を測定する方式である。センサには2個のコイルを組み込んでおり、一方を励磁、もう一方を受信に用いる。励磁用コイルに交流電流を流して励磁すると、コイル周辺の水溶液に、導電率に比例した誘導電流が生じる。これを受信用コイルで検出する（図-3参照）。この方式は、非接触で測定が可能であり、スケールによる影響を少なくおさえられる特徴がある。

図-4は、試験室での標準液（塩化カリウム水溶液）を調整し、高感度導電率計による測定結果と、本装置の測定値をプロットしたものである。図中の横軸は、調整した標準塩化カリウム水溶液の高感度導電率計による測定結果である。縦軸は、今回使用した電磁誘導式導電率センサでの測定結果である。広いレンジに渡って、良い直線性を示すことが確認できた。また、繰返し精度は $0.5\%$ F.S.以内であり、十分な精度であることを確認した。

### 3・4 測定実験

開発した試作装置を使用した評価実験を、つくば技術開発センター内の試験孔で実施した。

図-5は、約4ヶ月間の測定記録である。この孔内水の通常の導電率は $16\text{mS/m}$ である。12月7日に水道水を注水し、導電率を変化させ、回復の過程をとらえた。

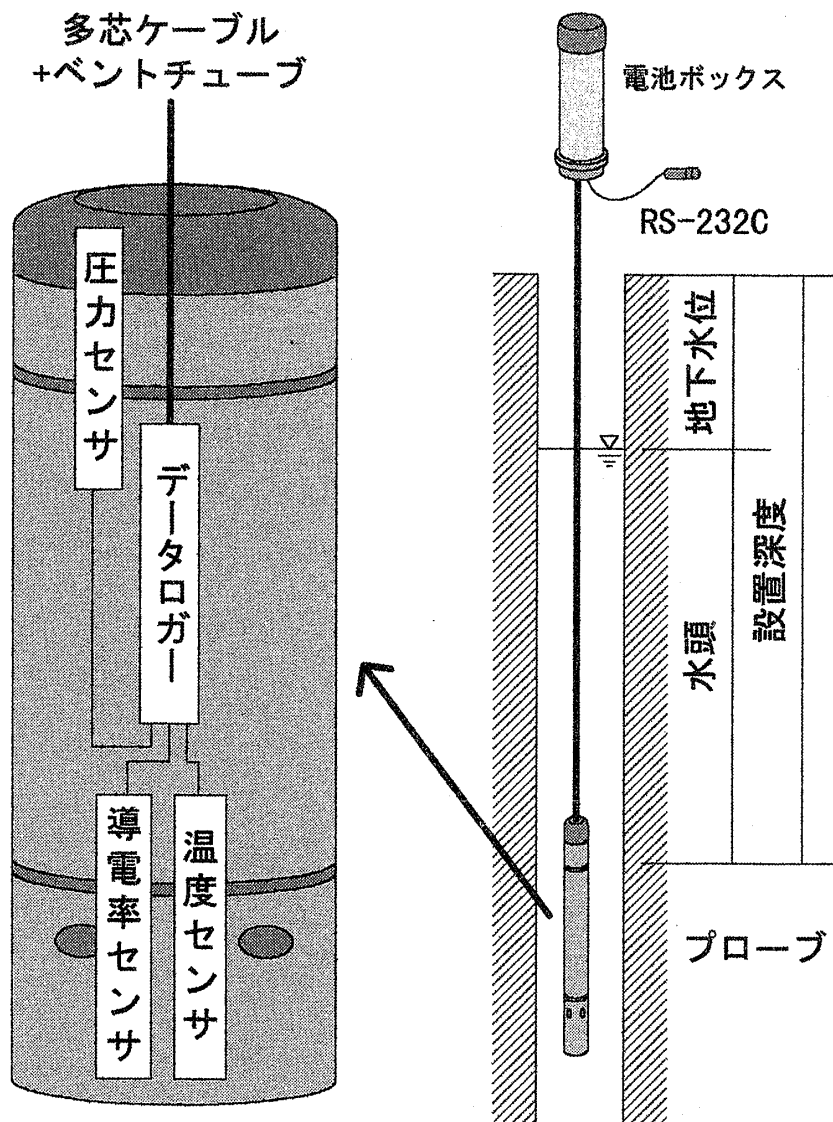


図-2 水位・導電率計の構成図  
 Fig.2 The schematic of the S & DL EC meter.

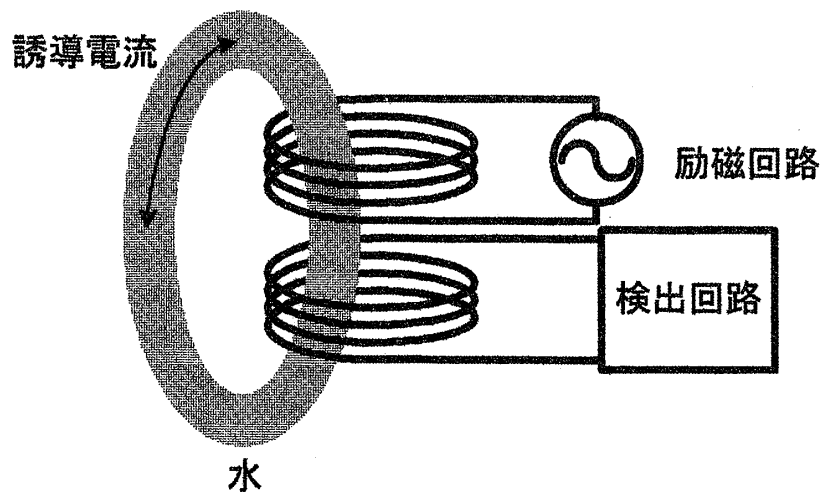


図-3 電磁誘導方式導電率センサの原理  
 Fig.3 The theory of the EC measurement for electro-magnetic.

表-1 S&DL導電率計の仕様

Table.1 The specification of the S & DL EC meter.

• 測定項目	: 水位・導電率・温度
• 水位	
測定範囲	: 0~10m (5m, 35m 用も選択可能)
分解能	: 1mm
測定精度	: ±0.2% F.S.
• 導電率 (温度補償機能付)	
原理	: 電磁誘導式
測定範囲	: 4000mS/m及びび400mS/m (温度25℃換算)
分解能	: 0.1mS/m
測定精度	: ±3% F.S. (水温25℃の場合)
繰返精度	: ±0.5% F.S. (水温25℃の場合)
• 温度	
測定範囲	: 0~50℃
分解能	: 0.1℃
測定精度	: ±1℃
• 記憶メモリ	: 約5800データ
• インターフェース	: RS-232C
• プロブ部外径	: φ34mm

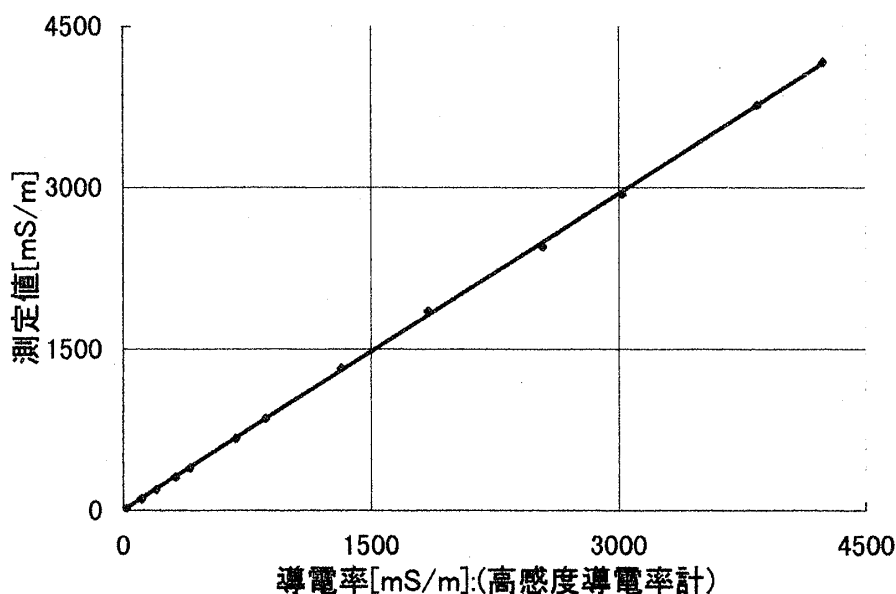


図-4 電磁誘導式導電率センサの特性

Fig.4 The characteristic of the EC sensor.

注水した水道水の導電率は約35mS/mある。

導電率と水位については、工業試験方法(JISK0101)に従った採水による導電率測定と、手動式水位計による水位測定をおこない、本装置の測定値との比較をおこなった。図中の四角印(■)は、採水による導電率の値と、手動式の水位計で測定した水位を示した。導電率は、誤差の最大が1 mS/m以内と良い相関が得られた。最大誤差は、水道水を注水した後のデータであり、その他のデータは±0.5mS/m以内であった。そのため、採水し

た深度と本装置の設置深度との違いの影響が現われていると推測される。

これらの結果から、測定データは従来の水質分析による方法と良い相関を示しており、安定性について実用上十分であることが確認できた。

#### 4 あとがき

データロガーとセンサを一体化してプロブに内蔵さ

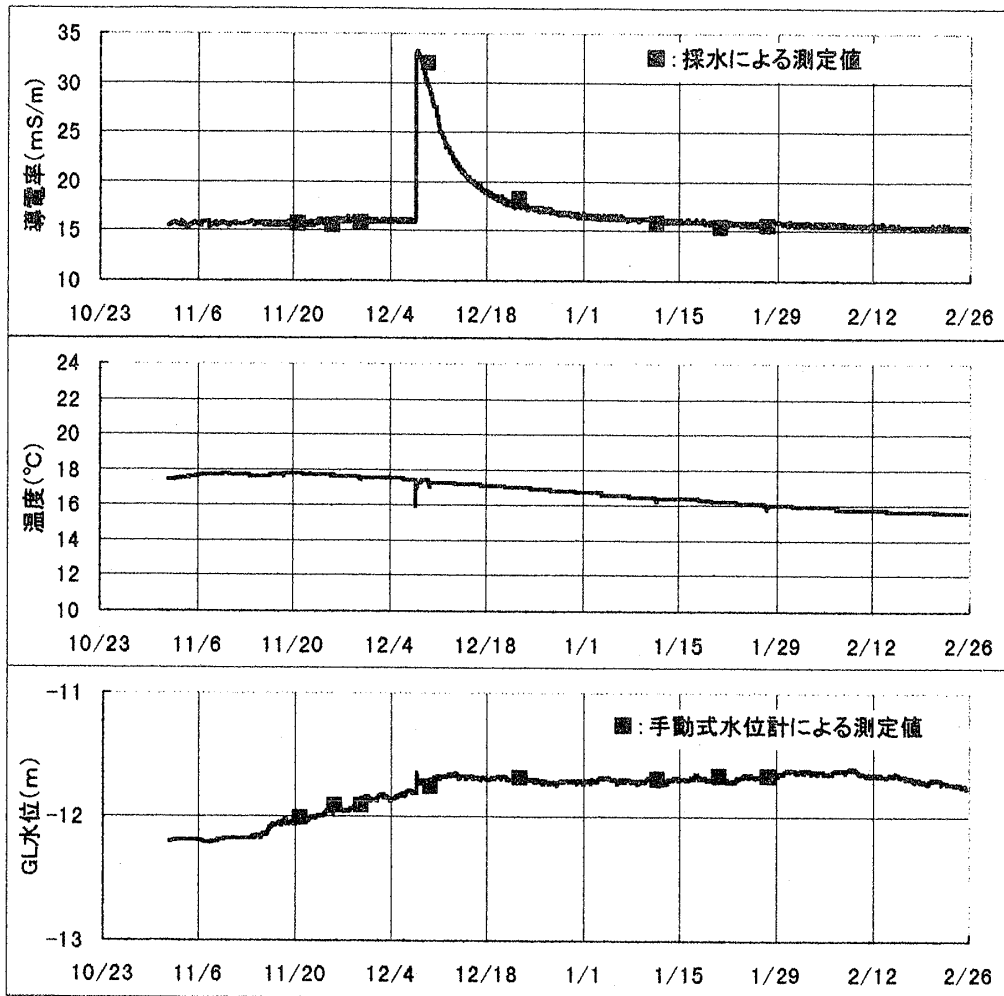


図-5 測定記録

Fig.5 A example of measurement record.

せ、水位と温度、導電率を同時に自動連続測定できる装置を開発した。本装置は、長期間の地下水環境モニタリングにターゲットを絞り、簡便に利用できる装置として開発したものである。昨今の地下水環境モニタリングは、できる限り採水作業を減らし、現位置での自動測定の実施が不可欠となってきている。本装置は、このような業務を簡便に、しかも効率的に行うための有効なツールになると考える。今後は、多くの実現場で評価を重ねることで、更にすぐれた装置に発展させていきたい。

#### 参 考 文 献

- 1) 山根崇寛, 奥村興平, 佐野康 (2000): 地下水の環境モニタリングに適した導電率計の開発, 全地連「技術フォーラム2000」講演集, p225-226