

簡便な地下水位・地下水温度精密 連続観測テレメータシステム

東海大学開発技術研究所
〒259-12 平塚市北金目 1117
綱川秀夫・浅田 敏

(昭和 62 年 11 月 28 日受付;
昭和 63 年 1 月 22 日受理)

Convenient Telemetry System for Precise and
Continuous Measurement of Groundwater
Level and Temperature

Hideo TSUNAKAWA and Toshi ASADA
Institute of Research and Development,
Tokai University
1117, Kitakaname, Hirastusuka 259-12

(Received November 28, 1987;
Accepted January 22, 1988)

地震の前兆現象として、数 cm から数+cm の地下水位が変化する場合があることはよく知られている [脇田・他 (1980) 等]。また最近では、地下水温度もそのコサインミックな変化 (10~100 m°C) が観測されている [SHIMAMURA *et al.* (1985)] ことから有力視されてきている。これらの観測が地震予知に寄与できるためには、少なくとも地下水位 1 cm、地下水温度 5 m°C 程度の相対的精度が必要であろう。我々は、この精度を十分満足し、かつ製作・設置・データ回収が簡単な装置を開発し実用化したので報告する。

Fig. 1 に装置全体のブロック・ダイアグラムを示す。地下水位センサーとしては、差圧センサー PA500-501 G-06 (コバル電子 KK) を使用した。このセンサーは半導体よりなるセンサーチップをはり付けた膜の両側の差圧を電圧として出力するものであり、実際の観測では片面を大気に通じさせているため水位変化のみによる圧力変化を検出している。電源は 12VDC、感度は 8 mV/cm であり、0~5 m の水位変化を 1~5 V の電圧変化として測定できる。実験室内で調べた結果、その直線性・温度ドリフトとも問題なく、ノイズも水位換算で 0.1 mm 以下であった。このセンサーをしんちゅう製の容器 (直径 40 mm 長さ 100 mm) に入れて約 2.5 m の深さに沈め、3 芯ケーブルとステンレス線を通したビニール管で地上に固定する。

地下水温度を精密に測定する装置は、SHIMAMURA (1980)、島村 (1986) が水晶発振子を利用したものを製作している。我々は地下水温度センサーとして、水晶発振子と比較してエレクトロニクス回路が単純であり入手しやすい半導体センサー LM35 を使用した。ただしカタログ値では長期ドリフトが $\pm 80 \text{ m}^\circ\text{C}/1000 \text{ hours}$ あり、チェックを要する。これをしんちゅう製の容器 (直径 25 mm 長さ 50 mm) に入れて望みの深さに沈める。このセンサーは、信号端子と電源のマイナス端子を 200 Ω の抵抗でつなぐことで、ツイスト線を使って地上の装置での測定ができる。このツイスト線は中に鋼線が入っていて十分な破断強度を持ち、また電話線に使われるものであって容易に手に入る。感度は 10 mV/°C である。

データロガーとしては、三洋電機 KK の DDR5310N (12 ビット A/D 変換, AC100V/DC12V 両用) を使用した。綱川・横山 (1986) では、16 ビット・インテリジェントデータロガーを使用したデータ回収・テレメータシステムを実用化しているが、今の場合 12 ビットで十分なのでより安価で維持が簡単なものを使用した。地下水位変化は、その信号電圧を DC オフセット (水銀電池を使用) により 0V 付近にした後に $\pm 1 \text{ V}$ レンジで測定する。したがって、分解能は約 0.6 mm である。地下水温度の信号電圧は DC オフセットにより 0V 付近にし、10 倍に増幅した後に $\pm 100 \text{ mV}$ レンジで測定する。この時の分解能は、0.5 m°C である。サンプリング間隔は 5 分間とした。DDR5310N は 32KB のラムカセットを装備し、エンドレスでデータを書き込んでいくので、常に最近約 1 ヶ月のデータを保持している。

地下水温度の場合、微小直流電圧を測定しなければならないため、増幅器はチョップスタビライズドアンプ (MA420) を使い、電源はセンサーのも含めてすべてリチウム電池とした。また、周囲の温度変化によるアンプ

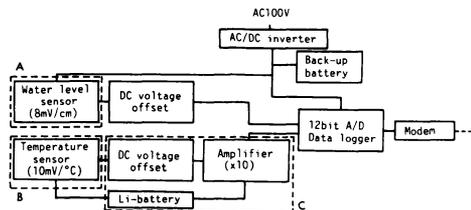


Fig. 1. Block diagram of the convenient system developed in this study for precise and continuous measurement of groundwater level and temperature. At the Isshiki observation well (refer to Fig. 2), the device A, B and C are fixed at the depth of 2.5 m, 125 m and 23 m, respectively.

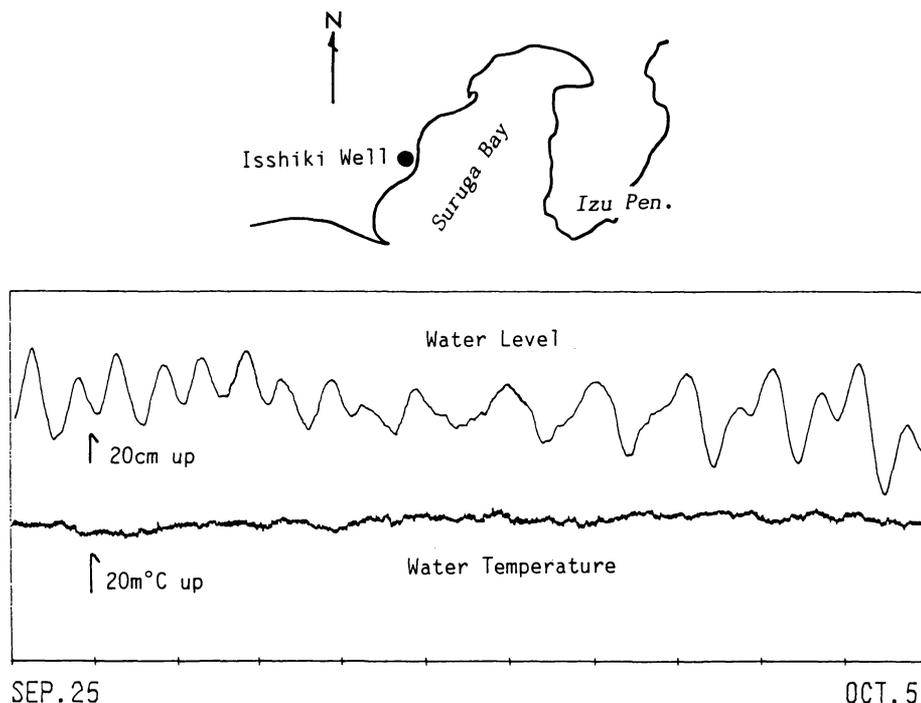


Fig. 2. Temporal changes of groundwater level and temperature at the Isshiki observation well in Shizuoka Prefecture from September 25th till October 5th in 1987. Groundwater temperature was measured at the depth of 125 m.

の利得変動、電源電圧変動などをなくすため、アンプ・リチウム電池等を塩化ビニール管に入れ水深 20~30 m のところに沈めてツイスト線で地上のデータロガーにつなぐ。したがって、少なくとも周囲温度の日変化は除去できよう。この場合アンプ・リチウム電池等の発熱による影響は、100 m 以上の深さの地下水温には及ばないであろう。この地下水温計測システムは低消費電力になっており、データロガー（消費電力 8 W）を除いて単一型リチウム電池 6 個で 2~3 年間作動する。

テレメータは、モデムを通して NTT 公衆電話回線により 1200 bps で行なう。ホストコンピュータとして PC9801F を使っており、観測地点を入力すれば電話呼び出しからデータの回収、回収途中での地下水位・水温測定、データファイル作成まで、すべて自動化してある。このソフトウェアの基本概念は、綱川・横山(1986)とほぼ同じである。ただし、DDR5310N はインテリジェント機能を持たないので、電話回線からのノイズを見るためのチェックサムを送ることができない。この対策として、同じデータを最低限 2 回送らせてホスト側で受け取ったデータが一致するかを調べ、2 回連続して同じ値になるまで送り続けることにした。

このようなシステムを使って、実際に観測した例を示

す。場所は静岡県焼津市一色^{いっしき}観測井であり、1987 年 9 月から連続観測を始めた。この井戸は底まで 150 m あり、ストレナの位置は水深 109~127 m のところである。水面は地上約 1 m まで上がっており被圧地下水である。今回の観測では、ストレナ最下部にあたる水深 125 m のところで地下水温の観測を行なった。この深度の水温は約 16.8°C ではぼ一定である。Fig. 2 には 1987 年 9 月 25 日から 10 月 5 日までの観測結果を示した。地下水位には、地球潮汐に関連した 24 時間・12 時間程度の周期を持つ変化が数十 cm の振幅で顕著に現われている。またこの期間に観測された地下水温はほぼ一定であり、大きなドリフトは認められない。ただし、システムに由来すると思われる 1 時間以下の短周期ノイズがあり、その振幅は約 2 m°C である。このノイズの原因の可能性として 60 Hz 交流電源が考えられ、ツイスト線の地上部分をより良いシールド線などにかえれば減少するかも知れない。以上の結果から、我々の開発した装置は十分実用にたえるものと考えられる。地下水位・水温の変化そのものについては別の機会に議論したい。

最後に、センサー等でご相談にのっていただいた北海道大学島村英紀氏ならびに東京大学金沢敏夫氏に感謝いたします。

文 献

SHIMAMURA, H., 1980, Precision quartz thermometers for borehole observations, *J. Phys. Earth*, **28**, 243-260.

島村英紀, 1986, 精密地下水温計, 北海道大学地球物理学研究報告, **47**, 1-15.

SHIMAMURA, H., M. INO, H. HIKAWA and T. IWASAKI,

1985, Groundwater microtemperature in earthquake regions, *Pure Appl. Geophys.*, **122**, 933-946.

綱川秀夫・横山直樹, 1986, インテリジェントデータロガーを用いた簡便なデータ収集及びテレメータシステム, *地震* **2**, **39**, 472-474.

脇田 宏・中村裕二・浅田 敏, 1980, 1980: 1978年伊豆大島近海地震, および, 1978年宮城県沖地震前の地下水位の変化, *地震予知連会報*, **23**, 60-62.