

## 温泉ボーリング調査における計測 (その 2) — 溢逸泥現象の計測 —

### Drilling measurement for geothermal investigation (part2) — measurement of lost circulation/overflow —

大津 直・高橋 徹哉  
Sunao OHTSU・Tetsuya TAKAHASHI

#### はじめに

温泉ボーリング調査において、温泉貯留層を検知するための主要な要素の 1 つに溢逸泥現象がある。この現象は、送泥量と排泥量の均衡が坑井内の要因で崩れることによって現れるもので、特に火山岩類が貯留層の場合は亀裂の有無を判断する材料の 1 つとなっている。

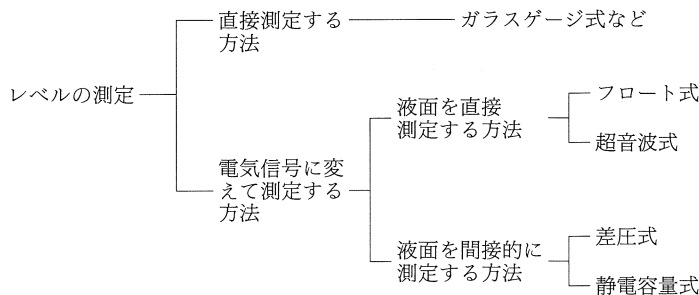
この現象を検知するには、直接フローラインの送・排泥の流量のバランスを流量計で計測する方法や泥水タンク中の泥水面のレベル (ピットレベル) を測り溢逸泥量を算出する方法などがある。当所ではこれまでピットレベルを測定する方法を採用してきた。ピットレベルを測る方法には、これまで様々な方法を試みたが、平成 2 年度～平成 5 年度までの地熱ボーリング調査では直接メジャーをあてて測定する方法 (直接法) とマンメータによる泥水柱圧を測定する方式 (マンメータ式) を採用してきた。しかしマンメータ式は、高橋 (1990) が既に指摘しているように、測定管に泥水による目詰まりが生じる

ため連続測定の間で障害があった。そこで、平成 6 年度以降の調査では、測定管の形状を変更し計測センサに差圧変換器を採用し試用したが、結果として様々な面でマンメータ式に勝る利点を見いだすことができた。

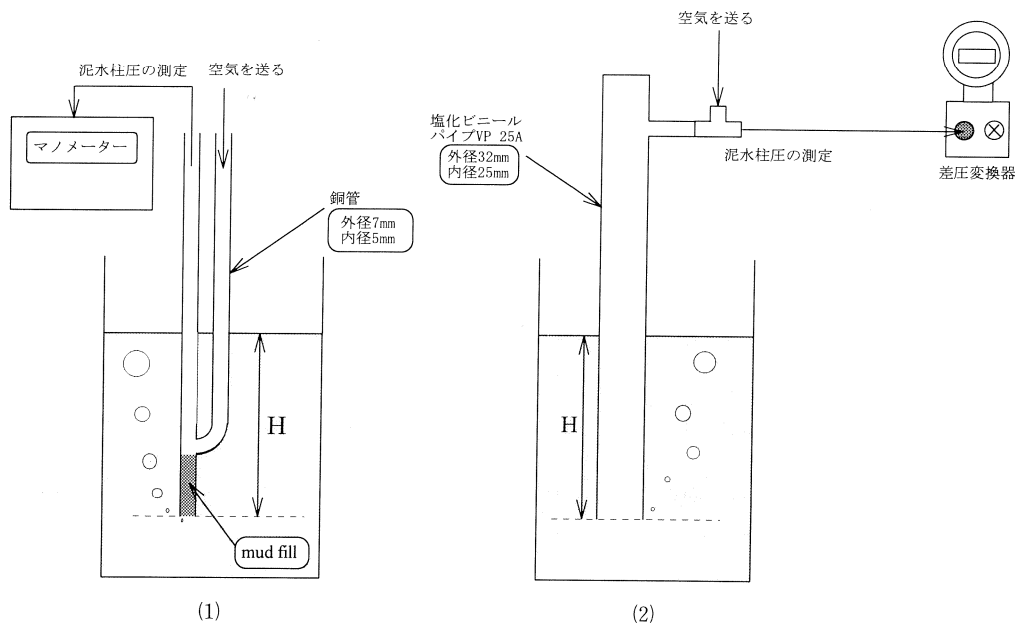
本報告では、この計測センサを使ったシステムを紹介する。

#### I 従来の計測システムの概要

液面のレベルを測定する方法は様々であるが、大別して直接測定する方法と計測センサなどを用いて間接的に測定する方法がある (第 1 図)。直接測定する方法は、例えばガラスゲージ式レベル計がある。当所の試すい探査で実施されているピットレベルの計測のうち、測定者が直接メジャーをあてて計る方法がそれに相当する。しかし、この方法では、測定者が常にそこにおいて計測する必要があり、複数の測定者による測定値の読みのばらつきも生じる。一方、間接的に測定する方法にはフロート式・差圧式・超音波式など様々な方法が知られており (例えば富沢、



第 1 図 液面のレベルを測定する様々な方法  
Fig. 1 Method of pit level measurement.



第 2 図 マノメーター式(1)と差圧変換器式(2)の計測システムの比較

Fig. 2 Comparison between old system and differential manometer system.

1972; 雨宮, 1983 など), 当所でもフロート式・差圧式などの方法が試みられてきた。間接的に測定する方法の一番の利点は, 計測の自動化が可能となることである。測定する物理量は, 計測センサによってアナログ信号に変換できることから, A/D コンバータを通してコンピュータにデータを取り込むことができる。当所の計測システム GSH-DS (高橋, 1990) は, レコーダーへのアナログ記録までが実現されていたが, 現在はレコーダーとコンピュータを GP-IB で接続して数値データを記憶装置に保存するシステム (GSH-DS/2) になっている (大津, 1995)。

平成 5 年度までのピットレベルの計測センサは, マノメータであった (第 2 図の(1))。高橋 (1990) は, この計測法では泥水比重の影響を受けるものの, 測定誤差が 0.5% 以内におさまることから, 計測センサとしては十分な性能を示すことを指摘している。しかし, この方法は, エアー管先端部に泥水による目詰まりが発生し, たびたびエアー管を掃除しなければならないことが課題であり (高橋, 1990), 「連続した」自動測定システムを実現する上で最大の障害であった。また, このシステムでは, 泥水比重に

よる補正ができないことも課題の 1 つであった。

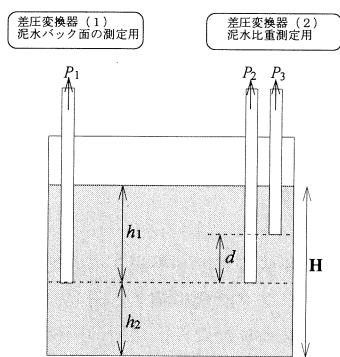
## II 差圧変換器による計測

現在の泥水バック面の計測環境を第 2 図の(2)に示す。計測センサは差圧変換器である。差圧変換器は野外に放置しても丈夫な造りになっており, マノメータに比べて保守が容易になった。また, 従来に比べ太い径の測定管を採用したため (第 2 図), 泥水による目詰まりは発生しなくなり, 連続計測が可能になった。また, 差圧変換器本体にも 0~1 m のレンジで水柱圧をデジタル表示する構造にしたので, その場で補正を行える様になった。

このようにマノメータ式の短所を満す差圧変換器式であるが, 依然として以下の問題が残っている。

- 1) どの様にして泥水比重を測定して計測器に取り込むか?
- 2) 泥水比重の測定値を取り込めたとして, どの様に補正計算をおこなうか?

そこで次章において泥水比重を考慮した計測システムを紹介する。



H : 求める高さ  
 h<sub>1</sub> : 測定官先端から水面までの距離  
 h<sub>2</sub> : " タンク底 "  
 d : 測定管長の差 (既知)  
 P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> : 測定管の泥水柱圧

ここで,  $h_1 = P_1 / (\text{泥水比重})$   
 泥水比重 =  $(P_2 - P_3) / d$  と求まるので  
 求める高さ (H) =  $h_1 + h_2$   

$$= \frac{P_1}{P_2 - P_3} \times d + h_2$$

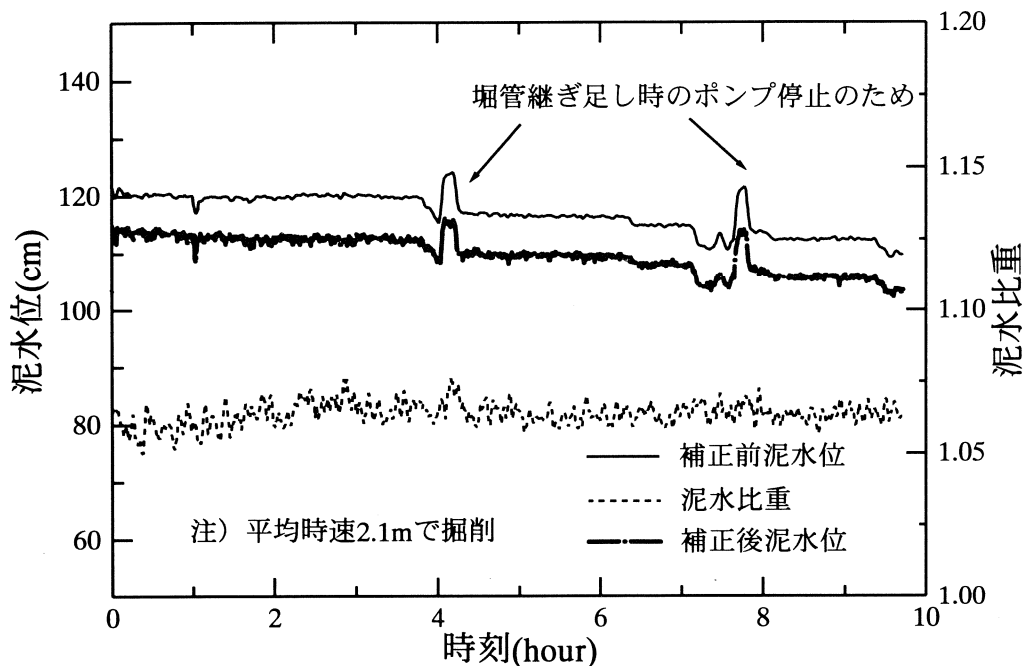
第3図 泥水比重の測定の方法

Fig 3 Schematic diagram showing method of mud weight measurement.

### III 泥水比重補正付き泥水位計測システム

最初に, 計測センサによって泥水比重を得る方法しめす. 第3図に示すように, 長さの異なる測定管を同一の差圧変換器に取り付けると, 2つの測定管長の差 (第3図中の  $d$ ) がわかっていれば泥水柱圧と  $d$  の関係から泥水比重を求めることができる.

次に補正計算の方法についてしめす. まず, 一台の差圧変換器を先ほどの泥水比重測定用の2本の測定管に設置する. もう一台の差圧変換器でピットレベル (ここでは第3図中の (泥水比重)  $\times h_1$  に相当) のデータを同時に取り込み, 後はコンピューター上で第3図に示した処理を行えば補正された数値 ( $h_1$ ) が得られるはずである. 現在の計測システム GSH-DS/2 (大津, 1995) では, これらの計測値や既知の数字を使ってプログラム上で計算することができるので, 第3図に示す計算式でタンク中の液面の高さが求まる. 液面の変動が求まれば溢逸泥量を求めることは容易である. 例として, 平成7年度試すい探査で計測した補正なしピットレベル, 泥水比重そして泥水比重による補正をかけたピットレベル (第3図中の  $h_1$ ) をグラフで示す (第4図).



第4図 計測されたデータのグラフ図

Fig. 4 Diagram showing measured line of variation in mud water depth with time.

従来のシステム GSH-DS では、ハイブリットレコーダー（横河北辰製 3087 形）の性能上、“差”記録以外の計算是サポートしていないため、乗算などの計算を行うことができなかった。今回初めて、泥水比重の補正をしたピットレベルを計測することが可能となった。

#### IV 結 論

マンメーター式では、測定管の形状から泥水の見詰まり障害が発生し連続したデータが取れないこと、泥水比重が考慮されたデータでないことから、溢逸泥現象の解析処理の 1 次データとしては、データの質が良いとは言えなかった。

差圧変換器と改良された測定管は、溢逸泥現象を連続的にとらえることを可能にし、また、保守・性能の点から優れた計測センサ・システムであるといえる。さらに、泥水比重を同時に測定することにより、当所の計測システムにおいて初めて比重補正したピットレベルを得ることが出来た。

これからのボーリングにおける計測は、できるだけ自動化され人手の入らない、すなわち客観的データの採取が可能なシステムが望まれる。また、研究者が注目するような特異な現象が起こっているとき

は大抵、ボーリング技術者がその現象への対応に努力をしている最中であり、ボーリング技術者を計測に張り付けている場合ではないのが通例である。そういう意味でも、“現場”の要求に適した「自動計測」の研究を今後も進めていく必要がある。

#### 謝 辞

本報告は平成 6 年度～平成 7 年度試すい探査で行われたボーリング計測に関する研究の一部である。本報告を終えるに当たり、当所の川森博史企画情報課長には日頃から御指導を頂いている。記して感謝いたします。

#### 文 献

- 雨宮好文(1983): 図解メカトロニクス入門シリーズ  
センサ入門, オーム社, 169 p.
- 大津 直(1995): 温泉ボーリング調査における計測  
(その 1) - 計測システムと計測プログラム - 地下資源調査所報告, **67**, 161-166
- 高橋徹哉(1990): 温泉ボーリングにおける計測の事例, 第 28 回試錐研究会講演資料集, 60-64.
- 富沢 裕(1972): 計測工学(II), 森北出版, 295 p.