

野島断層掘削孔における注水実験による温度変動の観測

Monitoring of the temperature profile in a borehole drilled into the Nojima fault during a water injection experiment

山野 誠[1], 後藤 秀作[2]
Makoto Yamano[1], Shusaku Goto[2]

[1] 東大震研, [2] 東海大・海洋
[1] ERI, Univ. Tokyo, [2] Tokai Univ.

「断層解剖計画」による野島断層掘削孔において、2000年1月～3月に注水実験が行なわれた。光ファイバをセンサとして、孔内温度分布の連続計測を行ったところ、注水による温度の低下が生じたのは深さ約550mまでであり、この深さで水が孔外に漏れ出していることが判明した。注水開始から約1日で注水による冷却と周囲からの加熱がバランスし、孔内温度は約2K低下して平衡に達した。注水を停止すると、温度分布は急速に回復したが、水漏れが起きている付近では、回復が遅れる傾向が見られた。

「断層解剖計画」により淡路島北淡町の野島断層に掘削された深さ1740mの孔井において、2000年1月～3月に注水実験が行なわれた。この掘削孔は、野島断層を掘り抜いてはいないが、断層破碎帯の外縁部に達したと推定されている。地表から孔底までケーシングが入っているが、孔底近くの1596～1671mにはケーシングに小穴が穿たれ、周囲の地層との間で水の出入りが可能となっている。注水実験の主目的は、断層破碎帯の透水係数や注水による誘発地震の発生について調べることであり、1997年2月～3月にも同様の実験が行なわれている。

我々は、1997年7月にこの掘削孔内に光ファイバケーブルを設置し、これをセンサとした孔内温度の連続観測を行なっている(山野他、地球惑星科学関連学会1998年合同大会)。光ファイバによる温度計測は、ファイバの一端から入射したレーザーパルスの後方散乱のスペクトルが温度に依存することを利用したもので、温度分解能は0.1～0.3K、距離方向の分解能は1mである。観測開始以来、孔内の温度分布は非常に安定しており、500m付近の小さな温度異常を除いて、有意な時間変動は認められていない。

今回の注水実験では、2000年1月10日にテスト注水、11日に1回目の注水(孔口での水漏れにより、1時間40分で中止)の後、1月22日～26日に2回目の注水、1月31日～2月5日に3回目の注水が行われた。さらに、3月には4回目の注水が行われることになっている。このうちテスト注水及び1回目の注水では、水の注入量がわずかであったため、温度変動が認められたのは孔口付近のみであった。ここでは、2回目の注水に伴う温度変動について述べるが、発表では3回目及び4回目の注水の結果についても合わせて示す予定である。

孔内に注入される水の温度は、ほぼ地表気温であるため、孔内の温度は注水によって低下する。しかし、今回の注水実験で温度の低下が見られたのは深さ約560mまでであり、それ以深では有意な温度変化は検出されなかった。この結果は、注入した水の大部分が550m付近で孔外に漏れ出し、1600m付近の穿孔部分では水の出入りがほとんどなかったことを示している。温度の変化があった550m以浅について見ると、注水開始から約1日で孔内温度分布がほぼ一定となった。これは、注入された水による冷却と周囲の地層からの加熱がバランスした平衡状態に達したものと解釈される。200～500mの範囲では、注水実験以前(周囲の地層の温度分布を表す)との温度差は約2Kであった。注水を停止すると温度分布は急速に回復し、2回目の注水終了から3回目の注水開始までの5日間で、注水実験以前との温度差は0.5K以内となった。490～540m付近では、この差がやや大きくなっており、孔外へ漏れ出した水が周囲の地層をより広い範囲まで冷却したため、温度の回復が遅くなったのではないかと考えられる。

なお、1997年7月に孔口を密閉した直後、温度の日変化の振幅から推定される孔内水位が数十日で約10m低下するという現象が見られたが、今回の注水実験に先立って孔口を開放したところ、ガスが噴出して水位が上昇し、孔口からの湧水とガス湧出が観察された。従って、1997年の水位の低下は、孔内で湧出したガスが閉じ込められて圧力が上昇し、水面が押し下げられたものであると推定される。