

野島断層 1800m 深注水実験時における自然電位観測序報 Preliminary report of self-potential observation during a water injection experiment at 1800 m depth in Nojima fault

村上 英記^{1*}; 比嘉 哲也²; 鈴木 健士²; 吉村 令慧²; 後藤 忠徳³; 川崎 慎吾⁴; 大内 悠平⁵; 山口 覚⁶
MURAKAMI, Hideki^{1*}; HIGA, Tetsuya²; SUZUKI, Takeshi²; YOSHIMURA, Ryokei²; GOTO, Tada-nori³; KAWASAKI, Shingo⁴; OUCHI, Yuhei⁵; YAMAGUCHI, Satoru⁶

¹ 高知大学教育研究部自然科学系理学部門, ² 京都大学大学院理学研究科, ³ 京都大学大学院工学研究科, ⁴ 京都大学防災研究所, ⁵ 大阪市立大学理学部, ⁶ 大阪市立大学大学院理学研究科

¹Natural Sciences Cluster-Science Unit, Research and Education Faculty, Kochi University, ²Graduate School of Science, Kyoto University, ³Graduate School of Engineering, Kyoto University, ⁴Disaster Prevention Research, Kyoto University, ⁵Faculty of Science, Osaka City University, ⁶Graduate School of Science, Osaka City University

1995 年兵庫県南部地震 (Mw6.9) の地表地震断層である野島断層の深さ 1800m の断層破砕帯に対する注水実験期間中に、1800m 注水孔および地表断層に近い 500m 孔の周辺にて自然電位の観測を実施した。注水期間は 2013 年 9 月 15 日から 29 日までで、注水の平均流量は 2 リットル/分、圧力 5MPa でおこなわれた。野島断層における注水実験は、断層の回復過程をモニタリングする目的で 1997 年、2000 年、2003 年、2004 年、2006 年、2008 年と実施されてきたが、いずれの実験でも深さ 540m 付近のパイプの継手部分からの流出であったことが孔内温度計のデータから推定されている。今回の注水実験では、540m からの漏水防止の工事をおこない注水を実施したので 1800m の注水孔先端部から断層破砕帯への注水がおこなわれたものと推測される。しかし工事途中のトラブルのため孔内温度計による計測が実施されていないので注水深度に関する直接的な情報はない。

自然電位の観測を 2013 年 9 月 6 日から 10 月 21 日まで、従来の注水実験同様に 1800m 注水孔周辺にて実施した。また、今回初めて注水孔の北西約 250m に位置する 500m 孔の周辺でも自然電位の観測をおこなった。1800m 注水孔の周辺では 18 箇所 (1800m 孔、800m 孔を電極とする 2 点を含む)、500m 孔周辺では地表の 9 箇所および 500m 孔の中の 4 箇所の電極 (深さ 500m、440m、380m、および 320m) を使い測定を実施した。1800m 孔および 800m 孔のケーシング・パイプおよび 500m 孔内の電極を除く地表に設置した電極には銅-硫酸銅電極を使用した。1800m 注水孔周辺の 18 箇所の自然電位については 1 秒間隔、500m 孔周辺の 13 箇所については 1 分間隔で記録した。

1997 年から 2008 年までの注水実験時の自然電位観測では、3 つの特徴的な自然電位変動が観測されていた: 1) 注水の開始・停止に同期した自然電位変動、2) 注水孔周辺が負に変動する、3) 注水孔からの距離が大きくなると変動量が小さくなる。これらの自然電位の特性から、観測している自然電位変動は注水に伴う流動電位を観測しているものとして、同レベルの流量・圧力に対する自然電位変動が年々大きくなることを地下の水理パラメータが年々小さくなっていくものと推定した。この結果は、同時に観測している 800m 孔の湧水量の変化や歪データなどから推定されている結論と調和的であった。ただし、2006 年くらいから一部の電極で逆センスの変動がみられるようになり、1800m ケーシング・パイプも逆センスに変動することがわかっている。

今回の注水実験期間中に観測した自然電位変動は、最近の観測結果と異なり生データで注水の開始と停止との明瞭な対応が見られない。S/N 比が悪いので断定できる状況にはないが特に停止に対応した回復が明瞭ではない。また、今回初めて観測した 500m 孔周辺でも 1800m 孔周辺と同期した自然電位変動が観測されている。これらの自然電位変動は地磁気変動による誘導電流によるものではないことは確認できている。

独立成分分析を用いた予察的な解析では、注水期間前半は振動的な変動であり後半には 2mV 程度の負側への自然電位変動が 1800m 注水孔近傍の電極では見られるがこの大きさは従来の変動と比べて極めて小さい。一部の電極や 1800m ケーシング・パイプでの電位が逆センスであることは 2006 年以降の観測と調和的である。注水作業に伴うノイズの影響と考えられる変動が大きくさらなるノイズ軽減策が必要であるが、従来の数 mV から 10mV を超える変動に比べて極めて小さな変化であった。今回観測されている注水期間中の自然電位変動の特性は、深さ 1800m の断層破砕帯においてはまだ水が通りやすい状況にあるために発生する流動電位が小さいのか、1800m 注水孔のケーシング・パイプが理想的な導体ではなく有限な比抵抗値を持つために地表での値が小さくなっているのかは、今後の検討課題である。

キーワード: 野島断層, 1995 年兵庫県南部地震, 自然電位, 注水実験, 流動電位

Keywords: Nojima fault, 1995 Hyogoken-nanbu earthquake, self-potential, water injection experiment, streaming potential