

野島断層における繰り返し注水試験 - 断層回復過程および誘発地震の解析 -

Second Water Injection Experiment at the Nojima Fault: Analysis of Fault Healing Process and Induced Earthquakes

西上 欽也[1], 野島断層注水実験グループ 西上 欽也

Kin'ya Nishigami[1], Nojima Fault Water Injection Experiment Group Nishigami Kin'ya

[1] 京大・防災研

[1] Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ.

1. はじめに

活断層において地震が繰り返し発生するが、断層面の破壊 - 固着（強度回復）プロセスおよび断層深部構造を理解することが地震発生メカニズムを解明するうえで重要である。また、地震発生直後の野島断層においては断層の固着が急速に進むものと予想される。このような観点から野島断層解剖計画では、断層破砕帯に達する1800m孔を用いた繰り返し注水試験により断層構造の変化を検出することが計画された。1997年2-3月に第1回目の注水試験が行われ、今回、2000年1-3月にかけて第2回目の注水試験が実施されたのでその概要について紹介する。

2. 注水試験の概要と目的

注水試験は97年試験時と同様に一定流量注水し、孔口での圧力を測定する方法を用いた。注水は大きく3回に分けて実施され、孔口での圧力は各々、3MPa（10-12 l/min、62.8kl）、4MPa（16-18 l/min、119.9kl）、4.5MPaと設定された（カッコ内は流量、および総注水量）。注水に伴い多項目にわたる観測が行われているが、その内容と目的は以下の通り。

(1)注水の流量-圧力関係等より断層破砕帯における透水率を推定し、97年試験時からの変化（断層固着）を検出する。

(2)注入水の周辺岩盤への浸透および作用を、800m孔における歪み・傾斜・湧水量測定、アクロスによる弾性波速度の連続観測、注水孔周辺における自然電位および比抵抗の連続観測、500m孔での水位測定等により検出する。

(3)光ファイバを用いた孔内温度・連続計測により、ボアホール内部および周辺における注入水の挙動を推定する。

(4)ボアホール周辺における極微小地震活動の変化（誘発地震発生）を1800m、800m孔底地震計、および周辺に展開された臨時地震観測網で検出する。誘発地震について高精度震源決定、波形解析を行い、その時空間的活動の特性および発生メカニズムを解明する。さらに、1800m孔底地震計の高速サンプリング（10kHz）波形データを用いて、誘発地震の初期破壊特性を検出する。注水圧力と地震誘発との関係についても検討する。

(5)断層内に設置された1800m孔底地震計、および平林（地質調査所）孔内地震計において破砕帯トラップ波の検出を試み、その波形解析により破砕帯浅部構造を推定する。

3. これまでの結果

これまでの圧力3MPa、4MPaの注水試験において、以下の結果が得られている。なお、*印は97年注水試験時とほぼ同じ変動パターンであることを示す。

(1)4MPa注水に伴って以下の変動が観測された。800m孔での歪み変化（3成分縮み、*）・湧水量増加（*）、注水孔近傍での自然電位変化（流動電位により説明可能、*）、アクロスによるS波走時の変化（1800m-800m孔底間で0.4msec増加）誘発地震発生の可能性あり（以下参照、*）

(2)4MPa注水の開始6日後にボアホール周辺の極微小地震発生数に増加（2分間に約20個のクラスターの活動）が認められた。これらは波形の相似性が高く、震源分布は97年注水試験時の誘発地震と一部重なる。ただし、注水試験の開始以前にもボアホールごく近傍にクラスターの活動が確認され、注水誘発地震と通常の地震活動との特性の違いが調べられつつある。なお、3MPa注水の後には極微小地震活動に変化は認められなかった。

(3)1800m孔底震計、平林孔内地震計では、誘発地震と推定されるイベントの波形に、今のところ明らかな破砕帯トラップ波は見いだされていない。

(4)注水時の流量-圧力関係、あるいは注水停止後の圧力降下曲線を97年試験時と比較すると、透水率の増加が推定される。しかし、孔内温度計測によると、深さ540m付近で注入水が孔外に漏れている可能性があり、破砕帯での透水率変化の推定には更に検討を要する。

(5)注水に伴い、以下の観測項目で1日周期変動が増大した。800m孔での歪み・傾斜（*）、アクロスによるS波およびP波走時の変動（1800mおよび800m孔底）。また、注水を行う1800m孔口の密閉解放に連動して、以下の観測項目に変動が認められた。800m孔での歪み（3成分伸び）、注水孔周辺での自然電位、1800m孔底地震計によるアクロス信号波形。

今後、4.5MPa 注水試験が実施される予定で、これらの結果を合わせて注水に伴う各種変動およびその解釈について報告する。

野島断層注水実験グループ：

島崎邦彦（東大地震研） 西上欽也・安藤雅孝・大志万直人・柳谷 俊・大見士朗・田所敬一・加納靖之・山下太・小泉 誠・松尾成光・吉田義則（京大防災研） 石井 紘・平田 直・山野 誠・中尾 茂・永井 悟・足立啓二・飯沼卓史・吉位明伸（東大地震研） 山岡耕春・山内常生・生田領野（名大理） 藤森邦夫・橋本武志・坂中伸也（京大理） 平松良浩（金沢大理） 村上英記（高知大理） 山口 覚（神戸大理） 向井厚志（奈良産大） 伊藤久男・小泉尚嗣（地質調査所） 北川有一（東濃地科学センター） 後藤秀作（東海大海洋） 塚原弘昭（信州大理） 池田隆司・飯尾能久（防災科技研）