

地震性滑りに伴う断層での高温流体発生の実験的再現

Experimental demonstration of high-temperature fluid generation during coseismic fault slip

本多 剛¹, 谷川 亘², 石川 剛志², 廣野 哲朗^{1*}

HONDA, Go¹, TANIKAWA, Wataru², ISHIKAWA, Tsuyoshi², HIRONO, Tetsuro^{1*}

¹ 大阪大学, ² 海洋研究開発機構高知コア研究所

¹Osaka University, ²JAMSTEC-Kochi

地震時の断層滑り挙動における流体の役割は重要である。例えば断層滑りに伴う摩擦発熱によって岩石中の間隙水が温められ、間隙水圧が上昇することで、断層の弱体化が生じる (thermal pressurization, 以下 TP)。また、温められた間隙水 (高温流体) が発生すると、断層にて岩石と流体が反応し様々な元素組成・同位体値異常が発生する可能性がある。例えば、台湾チェルンブ断層や房総付加体での断層では、fluid-mobile element として知られている Li, Rb, Cs, Sr などの濃度異常と Sr 同位体比の異常が報告されている。南海トラフの泥質堆積物を使った水熱実験での岩石 - 流体間の分配係数に基づき、先の組成変化を評価した結果、350 度以上の高温状態が明らかとなった。また、これらの断層の水理特性や微細組織も考慮に入れると、地震時に断層にて TP が機能したと言える。それゆえ、断層の微量元素・同位体の検出は地震時における断層の滑り挙動を特定する可能性があると言える。しかし、このような異常が断層滑り時に発生しうるかどうかの実験的な検証も必要である。そこで本研究では、高速摩擦試験機を使用、地震性滑り時の高温流体の発生を実験的に再現し、かつ実験前後の試料の微量元素・同位体分析を実施することによって、上記の問題についての検討を行った。

高速摩擦試験機は高知コア研究所に所有されている透水制御型回転式剪断摩擦試験機を使用した。岩石試料は台湾チェルンブ断層の母岩である泥岩を用い、粉末状にした岩石試料を 2 枚のステンレス製剪断プレート間に挟み、含水環境下にて試料に剪断応力を作用させた。実験時の試料温度は試料部に取り付けられた熱電対によって測定され、水圧は試料部外部の水圧ラインの途中に取り付けられた水圧計によって測定された。実験は開放系と閉鎖系の場合の 2 種類を行った。開放系は水圧を常に一定になるように維持し、閉鎖系は剪断による摩擦発熱で水圧が変動するようにした。両方の条件とも変位速度 0.2-0.4 m/s、垂直荷重 14-15 MPa、水圧 2-5 MPa のもと実験を行った。また実験前後の試料に関する微量元素組成は ICP-MS によって測定した。

実験の結果、変位量増加に伴う剪断強度の弱体化が認められ、一部の run では試料温度が最高 300 度以上にまで達したデータが得られた。また閉鎖系の場合、温度上昇とともに、水圧の上昇、模擬断層における有効垂直応力の低下が認められた。これら変化は TP の機能を再現したことを意味する。さらに、実験前後試料の微量元素分析の結果、実験後試料には Li の濃度の有意な低下が認められた。Li は fluid-mobile element であり、300 度以上の高温環境における流体と岩石との反応によって岩石から流体側に移動する。以上の結果、地震性滑り時の高温流体の発生を示す直接的な証拠として、微量元素・同位体異常が有効であることを実験的に検証できたと言える。