

## 地震発生時の流体岩石相互作用

### Co-seismic fluid-rock interactions in fault zones

石川 剛志<sup>1\*</sup>, 廣野 哲朗<sup>2</sup>, 濱田洋平<sup>2</sup>, 本多剛<sup>2</sup>

Tsuyoshi Ishikawa<sup>1\*</sup>, Tetsuro Hirono<sup>2</sup>, Yohei Hamada<sup>2</sup>, Go Honda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>海洋研究開発機構高知コア研究所, <sup>2</sup>大阪大学大学院理学研究科

<sup>1</sup>Kochi Inst. Core Sample Res., JAMSTEC, <sup>2</sup>Osaka Univ.

地震時・非地震時の断層内における流体の存在, およびそれが断層における破壊の発生・伝播に対して果たす役割については従来から様々な議論がなされている。近年, 断層に関して特に地質学的, 実験学的, 地震学的, 測地学的, 理論的側面からの理解が大きく進み, 流体の寄与に関してもかなり詳細なモデルが提出されるようになってきた。地震時の断層の強度低下をもたらす主要な要因の1つと考えられている, 摩擦熱による間隙圧上昇 (Thermal pressurization) についての研究の進展もその一つである。

一方, 高温の流体との相互作用によって岩石の微量元素組成, 同位体組成が変化することはよく知られている。流体と相互作用した岩石の微量元素組成は, 元の流体と岩石の化学組成・鉱物組成が一定であれば, おおまかには流体/岩石比と, 流体-岩石間における各元素の分配係数とによって決まる。断層帯においても, Thermal pressurizationの場合, 摩擦熱による加熱で生じた高温の流体と, 断層中の固相との間で化学的相互作用が生じることが予想され, それが断層岩の微量元素・同位体組成の変化として現れる可能性がある。また, 流体-岩石間における各元素の分配係数は温度に大きく依存するため, 断層岩の微量元素組成・同位体組成の特徴から流体岩石相互作用の温度条件を推定することも原理的には可能である。このような観点から, 筆者のグループでは, 台湾チェルンプ断層や南海トラフの掘削コア試料, 陸上に露出した付加体中の断層試料の微量元素・同位体分析を行っている。本研究では, これまでに得られたデータについて報告し, 地震時の断層内における流体岩石相互作用について議論を行なう。

1999年集集地震で活動したチェルンプ断層を掘削したコア試料 (TCDP Hole Bコア) には3つの主要な活断層帯が認められたが (Hirono et al., 2006), それらの中心部の黒色ガウジは, 周囲の堆積物や低変形の断層岩とは異なる特徴的な微量元素組成・同位体組成を持つことが判明した。希土類元素やREE, Thなど, 一般に流体での移動度が小さいとされている元素の含有率については黒色ガウジの化学組成に元の堆積物の不均質性を越える変化は認められないが, Li, Rb, Cs, Srなど一部の元素の含有率およびSr同位体比には, 明瞭な変化が認められた。それらの組成変化は, 堆積物の水熱実験の結果 (You et al., 1996; James et al., 2003) と整合的であり, 断層運動に伴って生じた高温の流体と断層破砕物との化学的・同位体的相互作用の結果生じたと考えられる。水熱実験のデータから求めた分配係数を用いてモデル計算を行なうと, 相互作用時の流体の温度は350°C以上であったことが推定される (Ishikawa et al., 2008)。地震波や断層変位, 透水率等の解析から, 掘削が行なわれたチェルンプ断層北部では, Thermal pressurizationによって断層の摩擦係数が低下したことが示唆されており, 本研究の結果はその仮説を支持する。同様の結果が, 房総半島・江見および高知・久礼の白亜紀~第三紀付加体中のシェードタキライトを伴う断層帯 (Hirono, 2005; Mukoyoshi et al., 2006) から採取された試料についても得られた。このことは, 地震時の断層帯で高温の流体岩石相互作用がかなり一般的に起こっていることを示すと同時に, それによって生じた微量元素組成・同位体組成の特徴は長期間保存され得ること, また, シェードタキライトを生じるような断層運動においても融解に先行して流体岩石相互作用が生じていることを示している。

これらの断層岩が示す微量元素組成は、見かけ上、350°C以上の流体と平衡に近い。地震時の断層運動が10秒程度のイベントであることを考えると、このような平衡に近い組成が観察されるのは驚くべきことである。すべり面における破壊で超微小粒子がダイナミックに形成され、非常に大きな表面積で効率的な相互作用が生じることで、このような組成変化が可能となっていると考えられる。

キーワード:流体岩石相互作用,地震,断層,地球化学,微量元素,同位体

Keywords: fluid-rock interactions, earthquake, fault, geochemistry, trace elements, isotopes