

地震断層における流体岩石相互作用および摩擦溶融の地球化学的評価 Geochemical evaluation of co-seismic fluid-rock interaction and frictional melting in fault zones

石川 剛志^{1*}, 廣野 哲朗², 本多 剛², 松多 範子², 濱田 洋平³
Tsuyoshi Ishikawa^{1*}, Tetsuro Hirono², Go Honda², Noriko Matsuta², Yohei Hamada³

¹JAMSTEC 高知コア研究所, ²大阪大学大学院理学研究科, ³東京大学大学院理学系研究科

¹Kochi Inst. Core Sample Res., JAMSTEC, ²Osaka Univ., ³Tokyo Univ.

断層における高温流体の発生や摩擦溶融は、地震時の断層の強度低下をもたらす主要な要因に数えられる。流体の関与に関しては、摩擦熱による間隙圧上昇（熱圧化：Thermal pressurization）に伴う断層強度の低下、それによる断層の破壊伝播の促進が注目され、実験的研究や数値モデリングを用いた研究が精力的に行なわれている。

高温の流体との相互作用や融解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、固相-流体間における各元素の分配係数とによって決まる。融解で生じるメルトの組成は、融解する鉱物相、融解の程度、固相-メルト間における各元素の分配係数等によって変化する。これらのことから、断層岩の組成変化に基づき、その断層が過去の地震時に高温流体との相互作用や摩擦溶融を経験したかどうかを評価することが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、断層岩の微量元素・同位体分析を進めている。本研究では、これまでに得られたデータに基づき、地球化学的手法を用いた断層中の流体岩石相互作用および摩擦溶融の評価の現状および課題について議論を行なう。

1999年台湾集集地震で活動したチェルンブ断層において、地震時の熱圧化を示唆する高温（> 350℃）の流体岩石相互作用の地球化学的証拠（Ishikawa et al., 2008, Nature Geoscience）が発見されて以来、房総・江見付加体中の断層（Hamada et al., 2011, JGR）、Kodiak 付加体中の断層（Yamaguchi et al., in prep.）、四万十付加体久礼地域の断層（Honda et al., submitted）でも同様の、地震時のものと考えられる高温の流体岩石相互作用の証拠が次々に見つかっている。これらのうち、スプレー断層の深度 2.5~5.5km の部分に相当するとされる四万十付加体久礼地域（Mukoyoshi et al., 2006, EPSL）の試料については、溶融による不適合元素の濃集と流体岩石相互作用による組成変化がオーバーラップしているのが観察された。これは、摩擦溶融によるシュードタキライトの生成に先行して、熱圧化には至らないものの断層帯で高温の流体との相互作用が起こったことを示している。さらに、中央構造線の断層試料（松多ほか、本大会）では、100~200℃程度の比較的低温の流体岩石相互作用の痕跡を検出することができた。このように、地震時の断層帯、特に付加体中では、流体岩石相互作用がかなり一般的に起こっていることが分かってきた。断層岩の微量元素・同位体組成を用いた手法は、地震時の断層帯における流体岩石相互作用、摩擦溶融の履歴の評価法として有効であり、特に、これまで不明な点が多かった熱圧化の実態に断層岩の分析を通して迫る手法の1つとなりうることが特筆される。

今後、この地球化学的手法を精密化するためには、Li, Rb, Cs, Sr など鍵となる元素の固相-流体分配係数を水熱実験等により 350℃ を越える温度についても決定すること、化石断層帯についても元の流体（間隙水）の組成を適切に見積もること、速度論的な効果を適切に評価することが必要である。摩擦溶融による微量元素・同位体組成の変化は原岩組成や溶融条件により多様であり、溶融温度等の見積もりは現時点では困難であるが、摩擦溶融の履歴を簡便に認定する手法としては有効かもしれない。

キーワード: 断層岩, 地球化学, 地震, 流体岩石相互作用, 微量元素, 同位体

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