

断層近傍の流体包有物のラマン分光分析

Laser Raman spectroscopic analysis of fluid inclusions along fault zones

藤田 一菜^{1*}, 大橋 聖和¹, Tom Mitchell², Dan Faulkner³, 星野 健一¹

Kazuna Fujita^{1*}, Kiyokazu OOHASHI¹, Tom Mitchell², Dan Faulkner³, Kenichi Hoshino¹

¹広島大学大学院理学研究科, ²Ruhr University Bochum, ³Liverpool University, UK

¹Hiroshima University, ²Ruhr University Bochum, ³Liverpool University, UK

断層破砕帯はかねてより流体の通り道として知られている。断層と流体に関する近年の研究は、野島断層におけるヒールドクラックと断層距離との関係性（佐々木ほか, 2002）、跡津川断層における断層ガス観測（島田ほか, 2006）、付加体に見られる鉱物脈を用いた流体の化学的解析（山口ほか, 2005）などがなされている。しかし断層を通る流体の組成に関する定量的な評価は、手法的な困難さも手伝ってほとんどなされていない。一方、ヒールドクラック中に存在する流体包有物はクラック内部に存在していた流体が閉じ込められたものであり（Lespinasse, 2005）、断層近傍のヒールドクラック中の流体包有物は断層流体を記憶しているものと考えられる。そこで本研究では、ヒールドクラックに閉じ込められた過去の断層流体の組成を明らかにするため、レーザーラマン分光分析を用いてヒールドクラック中の流体包有物の組成を直接測定した。レーザーラマン分光を用いたのは、マイクロサーモメトリー法では観察が難しい小さな包有物も測定できるためである（広高ほか, 2009）。

解析には、南米チリ北部アタカマ断層系と岐阜県の阿寺断層系の試料を用いた。アタカマ断層系ではFaulkner et al. (2006)によって流体包有物トレイル（あるいはFluid Inclusion Plane）の密度と断層との関係性が指摘されており、断層から離れるにつれて流体包有物トレイルが減少することが報告されている。阿寺断層系では、後濃飛花崗岩類のうち最も晩期に濃飛流紋岩に貫入した苗木-上松花崗岩の分布する阿寺断層中部域から試料を採取した。断層近傍ではNiwa et al. (2009)に記載されている川上露頭を調査し、定方位試料を採取した。両断層の試料は水平面で薄片を作成し、顕微鏡下で石英中の流体包有物トレイルの観察、方位の測定を行った。測定結果はローズダイアグラムを用いて断層からの距離と方位との関係性を調べた。その後、ラマン分光分析によって流体包有物の液相の塩相当濃度、気相のガス成分を測定すると同時に、走査型電子顕微鏡を用いてCL（Cathodo-luminescence）像の観察を行った。

アタカマ断層系の解析結果

断層から20 m離れた試料では、流体包有物トレイルの方向は主断層に平行なY面に加え、P面および主断層と高角に斜交するT~X面方向に卓越する。流体包有物は液相の塩相当濃度が0~19.3 wt%であり、気相ではCO₂を含むものが認められた。断層から40 m離れた試料では流体包有物トレイルの方向はP面方向が卓越する。流体包有物の液相の塩相当濃度は0.3~20.5 wt%であり、気相では断層近傍と同様にCO₂を含むものが認められた。断層から140 m離れた破砕帯外縁部では流体包有物トレイルの方向には際立った特徴が認められない。流体包有物の液相の塩相当濃度は6.8~23.9 wt%であり、気相のガス成分は認められなかった。

阿寺断層系の解析結果

断層から約15 m離れた試料（弱いカタクレサイト化を被る）では、流体包有物トレイルはR1面方向に卓越する。流体包有物は液相の塩相当濃度が0~3.2 wt%であり、気相からはH₂, CH₄, N₂が確認された。断層から約100 m離れた試料では、流体包有物トレイルはT面とP面の方向

に卓越する。これらは、断層直近では断層に平行な方向が多く、離れるにつれて主断層に直交する破断面が多くなる阿寺断層のMacroscopic fractureの特性と同じである。流体包有物の液相の塩相当濃度は0~3.7 wt%であり、気相からはH₂, CH₄, N₂が確認された。断層から約400 m離れた試料では流体包有物トレイルの方向はY面とT面方向が卓越する。流体包有物の液相の塩相当濃度は0~3.6 wt%であり、気相からガス成分は認められていない。

以上の結果をまとめると、アタカマ断層系では断層中軸部に近づくにつれ高塩濃度液相が少なくなり、一方でCO₂気相が存在するようになる。阿寺断層系では断層近傍と外縁部で液相塩濃度に目立った違いは見られないが、断層近傍では外縁部には見られないH₂, CH₄, N₂などのガス成分が存在する。これらの事実は、断層破砕帯に沿って生成もしくは外部から流入してきた特殊な組成の流体（断層流体）の存在を強く示唆するものと考えられる。

引用文献

- 佐々木・高木, 2002, 日本地球惑星科学連合2002年大会予稿集, G061-011.
島田・丹羽・野原・田中, 2006, 日本地球惑星科学連合2006年大会予稿集, G107-002.
広高・星野, 2009, 日本地球惑星科学連合2009年大会予稿集, G208-002.
山口・氏家・木村, 2005, 日本地球惑星科学連合2005年大会予稿集, J064-012.
Niwa, M., Mizuochi, Y. and Tanabe, A., 2009, *Island Arc*, 18, 4, 577-598.
Faulkner, D., Mitchell, T., Healy, D. and Heap, M., 2006, *Nature*, 444: 922-925.
Lespinasse, M., Desindes, L., Fratzczak, P., Petrov, V., 2005, *Chemical Geology*, 223, 170-178.

キーワード: 流体包有物, 流体包有物トレイル, 断層, ラマン

Keywords: fluid inclusion, fluid inclusion plane (FIP), fault, Raman