

上部マントルにおける摩擦融解と変形過程: Balmuccia産の完晶質かんらん岩シュードタキライト中Cr-Alスピネルからの制約

Frictional Melting and Deformation in the Upper Mantle: Constraints from Cr-Al Spinel in Ultramafic Pseudotachylyte from Balmuccia

小澤 一仁 [1]; 上田 匡将 [2]; 小畑 正明 [2]; Di Toro Giulio[3]; 金川 久一 [4]; 永原 裕子 [5]

Kazuhito Ozawa[1]; Tadamasu Ueda[2]; Masaaki Obata[2]; Giulio Di Toro[3]; Kyuichi Kanagawa[4]; Hiroko Nagahara[5]

[1] 東大・理系・地惑; [2] 京大・理・地球惑星; [3] なし; [4] 千葉大・理・地球科学; [5] 東大・院・理

[1] Univ. Tokyo, EPS; [2] Earth and Planetary Sci., Kyoto Univ; [3] Dept. Geol. Paleont. & Geophys., Univ. Padova; [4] Dept. Earth Sci., Chiba Univ.; [5] Dept. Earth Planet. Sci., Univ. Tokyo

かんらん岩シュードタキライトはマントルで発生した地震の化石であると考えられており (Karato, 2003)、深発地震の破壊メカニズムを理解するために有益な情報を与えると期待されている。Jin et al. (1998) は、摩擦溶融・破壊に至る変形の進行をシュードタキライト脈内と脈に向かって変化するかんらん石の組織観察から議論した。かんらん岩シュードタキライト中にはガラスが存在し、摩擦溶融の明確な証拠であるとされてきた (Obata and Karato, 1995; Anderson and Austrheim, 2006)。しかし、ガラスの存在は、一方でシュードタキライトの形成場がメルトやガラスが結晶化しない程度に低温であることを意味しており、関係する破壊が上部マントルで起きたものではない可能性を示唆している。上部マントルは、一般に700 以上の温度であり、千数百 まで摩擦加熱され溶融が起きてから周囲の温度まで冷却し、その後ある程度の期間その場に滞在するので、形成されたメルトまたはガラスが結晶化することは避けられない。例外は、上田他 (2006 連合大会) が Balmuccia かんらん岩から報告した、シュードタキライトのような注入脈を持ちながら、ガラスをまったく含まないウルトラマイロナイトである。小畑他 (2007 連合大会) は、このウルトラマイロナイトは、700-800 °C のスピネルかんらん岩相の条件で完全に結晶化したシュードタキライトであると主張し、摩擦溶融と地震破壊に至る延性 - 塑性遷移において H₂O-CO₂ 流体相の果たした役割を議論した。しかしながら、これらの研究では溶融の明確な証拠の提示や溶融度の推定はなされておらず、また摩擦溶融前後の変形履歴については、まだ十分に解明されていない。EDS・EBSD/FE-SEM を用いて Balmuccia かんらん岩の「完晶質シュードタキライト」の内部と周辺に産する Cr-Al スピネル (以後、単にスピネル) を観察したところ、融解の明確な証拠を見出すと同時に、「完晶質シュードタキライト」の形成からその凍結に至る変形履歴解明の手がかりを得た。

「完晶質シュードタキライト」中およびその壁岩を含み全ての「マイクロ岩相」においてスピネルを見出すことができる。スピネルの形態、Cr-Al 累帯構造、内部構造はその「マイクロ岩相」に応じて顕著な多様性を示している。「注入脈」の中に存在する 20 μm 以下の微小のスピネルは、多くが伸長し、放射状の形態を示す 1 μm 以下のスケールでスピネルと単斜輝石が絡み合った縁を持っている。縁のスピネルは、内部および基質に存在するスピネルに比べて Cr が多い。縁の厚さは、最大でも 2 μm であり、縁の厚みが減少すると構成鉱物のサイズも小さくなる傾向がある。縁の内側のスピネルは、類似の結晶学的方位を持つ、数ミクロン程度の亜粒結晶より構成されている。縁のスピネルはその内側で接している亜粒スピネルと共通の結晶方位を持っている。中心のスピネル核を持たない単斜輝石・スピネルの細粒集合体や、縁がはがれて取れかかっているものも観察される。このような組織とスピネルの化学組成から、スピネルは、変形を伴った短時間の部分溶融を経験したと推察される。スピネル内部の亜粒結晶サイズは、摩擦発熱が起きる直前に非常に大きな (Jin et al., (1998) が、かんらん石の最小粒径 5 μm によって推定した 400MPa 以上の) 応力を被ったことを示している。本研究は、700 - 800 °C、~1.0GPa のマントルの条件で、非常に強い延性変形を経て熱的不安定に至るメカニズムが深部地震を発生し得る事を明らかにした。