

ピンオンディスク摩擦実験による石英の非晶質化：ラマン分光分析 Quartz amorphization due to friction and wear : Raman spectroscopic analysis

中村 悠^{1*}, 武藤 潤¹, 長濱裕幸¹, 三浦 崇², 荒川 一郎²
Yu Nakamura^{1*}, Jun Muto¹, Hiroyuki Nagahama¹, Takashi Miura², Ichiro Arakawa²

¹ 東北大学大学院理学研究科地学専攻, ² 学習院大学理学部物理学科
¹Graduate School of Science, Tohoku Univ., ²Dept. Phys. Gakushuin Univ.

これまでにナノインデンテーションやボールミル粉砕、ダイヤモンドアンビルによる高圧実験から、鉱物の非晶質化が生じることが知られており、実験により生じた花崗岩および珪岩の断層上においても鉱物の非晶質物質の存在が TEM 分析によって確認されている [1]。石英岩を用いた摩擦実験は、高速すべりにおいて断層上ですべり弱化が起きることを示唆し [2]、生成したガウジは石英とアモルファスシリカから構成されていた [3]。さらに断層表面上に水和したアモルファスシリカの生成が認められ、非晶質化に加え、この水和物のチキソトロピックな挙動が摩擦係数の低下を生じさせたと報告されている [3]。従って、石英岩断層上でのすべり弱化を理解するためには非晶質化の物理過程の把握が重要である。そこで本研究では石英の非晶質化の詳細を調べるために、ピンオンディスク摩擦実験 [4] を行い、摩擦トラックのラマン分析を行った。ディスクは人工および天然ブラジル産の単結晶石英を用い、ピンには天然ダイヤモンドおよび水晶 (曲率半径 0.5~1.5mm) を用いた。荷重は 0.01N ~ 1N、すべり速度は 0.01 m/s ~ 0.25m/s の範囲内で制御可能であり、大気圧下で、摩擦実験を行った。ラマン分光測定法により原子や分子の振動モードが得られるため、摩擦による試料の非晶質化の程度をラマン分光法を用いて解析した。石英ディスクの摩擦トラック上においてラマン分光測定 (励起波長 532.1 nm) を行ったところ、波数 126 cm⁻¹(E(LO+TO)), 204 cm⁻¹(A1), 356 cm⁻¹(A1), 394 cm⁻¹ (E(TO)), 464 cm⁻¹ (A1) に顕著なピークが認められた。これらは石英の代表的な格子振動モードに帰属されるが、464 cm⁻¹ および 204 cm⁻¹ において高波数側へのピークシフトが見られた。また、垂直応力 20 MPa およびトラック回転数 660 回 (すべり変位約 80μm) の実験においては、464 cm⁻¹ 以外の上述したラマンスペクトルの完全な欠如、すなわち石英結晶の固有振動モードの欠如が認められた。これは、摩擦に伴い石英中の中距離構造が失われたことを示唆している。本発表では応力、すべり変位およびすべり速度の各パラメータがどの程度石英の非晶質化に寄与しているのか報告する予定である。

[1] Yund, R. A., M. L. Blanpied, T. E. Tullis, and J. D. Weeks, 1990, Amorphous material in high strain experimental fault gouges, *J. Geophys. Res.*, 95, 15589-15602.

[2] Di Toro, G., D. L. Goldsby, and T. E. Tullis, 2004, Friction falls towards zero in quartz rock as slip velocity approaches seismic rates, *Nature*, 427, 436-439.

[3] Hayashi, N., and A. Tsutsumi, 2010, Deformation textures and mechanical behavior of a hydrated amorphous silica formed along an experimentally produced fault in chert, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L12305, doi:10.1029/2010GL042943

[4] Muto, J., H. Nagahama, T. Miura, and I. Arakawa, 2007, Frictional discharge at fault asperities: Origin of fractal seismo-electromagnetic radiation. *Tectonophysics*, 431, 113-122.

キーワード: 摩擦摩擦実験, 非晶質化, ラマン分光, すべり弱化

Keywords: friction experiment, amorphization, raman spectroscopic analysis, weakening