

剪断変形中における蛇紋岩の電気伝導度その場測定

In-situ electrical conductivity measurement of serpentinite during shear deformation

川野 誠矢^{1*}, 芳野 極², 片山 郁夫¹

KAWANO, Seiya^{1*}, YOSHINO, Takashi², KATAYAMA, Ikuo¹

¹ 広島大学大学院地球惑星システム学専攻, ² 岡山大学地球物質科学研究センター

¹Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University, ²Institute for Study of the Earth's Interior, Okayama University

沈み込み帯では沈み込むプレート上部のマントルウェッジに高電気伝導度異常の存在が報告されている (Yamaguchi et al., 2009)。沈み込む海洋プレートは沈み込みによる温度、圧力の上昇によって水を吐き出しカンラン岩と反応して蛇紋石と少量のマグネタイトを形成する。蛇紋岩は高電気伝導度を呈するため、電気伝導度異常の候補としてあげられるが、沈み込み帯の高伝導度異常を説明するには蛇紋岩の存在だけでは不十分なことが知られている。しかしながら、蛇紋岩中に含まれるマグネタイトは伝導体であり、蛇紋岩化に伴って生じたマグネタイトが連結して存在すれば、沈み込み帯において報告されている高電気伝導度の値は十分説明可能である。先行研究では、マグネタイトの連結は局所的なものであり、数-数十 km スケールの高伝導度異常を説明することは難しいと考えられていた。(渡辺, 2005)。しかし、沈み込むプレート上部の蛇紋岩はプレートの沈み込みによる剪断変形を受け、面構造が著しく発達しているために偏在性に関係なくマグネタイトが定向配列し、剪断方向に高伝導度を呈している可能性がある。本研究では、変形中の電気伝導度測定セルを設計し、マグネタイトの定向配列が電気伝導度に与える影響を調べ沈み込み帯での高電気伝導度異常の成因を議論する。

出発物質には、蛇紋石とマグネタイトのパウダーを 1GPa、500 °C で焼結し用いた。実験では、マグネタイトの量比を変えて、焼結蛇紋岩を数種類作り、マグネタイトの効果を評価した。蛇紋石は中国で採取されたもの、マグネタイトは天然多結晶のものを用い、パウダーの粒径は 40 μm 以下であった。電気伝導度測定は沈み込み帯の高伝導度領域である 500-750 K、1GPa の条件、周波数帯は 10⁻¹-10⁶で行った。焼結したサンプルは 2-3mm の長さ、断面積が 0.8mm²(2mm × 0.4mm) に切り出し、単純剪断方向 (45 °) に切られたアルミナピストンに挟んだ。サンプル両端には電気伝導度測定のための Ni 電極を配置した。変形実験において、歪み量を 200 μm/h に設定し 8 時間変形させ、変形中での電気伝導度その場測定を 15 分ごとに行った。

蛇紋岩の電気伝導度は温度上昇に従って上昇し、温度下降によって減少した。マグネタイトの量比により系統的な違いが見られ、マグネタイトの量比が 20% 以下のものは蛇紋石と同様の活性化エネルギー、25% 以上のものはマグネタイトに近い活性化エネルギーを示した。750 K において蛇紋石の電気伝導度は先行研究と一致したが、マグネタイトには少量のケイ酸カルシウムが含まれており先行研究よりわずかに低い電気伝導度を示した。マグネタイトと蛇紋石の電気伝導度差は 7 桁に達した。

変形中の電気伝導度その場観察では、変形による電気伝導度の上昇が確認されたが、変形前と変形後の活性化エネルギーに変化は確認されなかった。このことは変形中に伝導メカニズムの変化が無かったことを示し、変形に寄って伝導度を支配する鉱物が変わらなかったことを示す。変形による電気伝導度の上昇は 2 つの要因に分けられる。一つは、変形によるマグネタイトの定向配列で蛇紋石を伝導する総距離が短くなること。もう一つはマグネタイトが繋がった状態でつながりが良くなり、マグネタイトを伝導する総断面積が大きくなる効果である。

上記の結果から、マグネタイトが少量の場合、変形によりマグネタイトが連結し伝導度を著しく上げることは難しく、沈み込み帯における高電気伝導度異常を説明するには大量 (約 20%) のマグネタイトを含んだ蛇紋岩が必要であることを示した。しかし、一般に蛇紋岩に含まれるマグネタイトの量比は 5% 以下であるため、変形によるマグネタイトの配列が沈み込み帯の高伝導度異常を説明することは難しく、他の要因が必要となる。その候補としてあげられるのは塩濃度の高い流体の存在である。沈み込み帯での高電気伝導度を説明するために必要な水は海水塩濃度で 0.5-10% と計算される。そのような水は、沈み込み帯の面構造が発達した蛇紋岩の浸透率異方性により供給されるのだろう。

キーワード: 電気伝導度, 蛇紋岩, 沈み込み帯, その場測定, 磁鉄鉱

Keywords: Electrical conductivity, Serpentinite, Subduction zone, in-situ measurement, Magnetite