

岩石熱力学計算と室内実験から推定される上部マントル電気伝導度構造

Electrical conductivity, thermal structure and composition of the earth's upper mantle

市來 雅啓 [1]; 藤田 清士 [2]; 大森 聡一 [3]; 新名 良介 [4]

Masahiro Ichiki[1]; Kiyoshi Fuji-ta[2]; Soichi Omori[3]; Ryosuke Sinmyo[4]

[1] 東工大院・理工・地球惑星; [2] 大阪大・工・国際; [3] 東工大・地球惑星・地球史研究センター; [4] 東工大・理・地惑
[1] Dept. Earth & Planet. Sci., Tokyo Tech.; [2] Fac. of Eng., Osaka Univ.; [3] Res. Centr. Evolving Earth and Planets, Tokyo Tech.; [4] Dept. Earth & Planet. Sci., Tokyo Tech.

熱力学計算と高温高压による上部マントル構成鉱物の電気伝導度室内実験結果を用いて、海洋下と大陸下の上部マントル電気伝導度構造を推定した。与えた化学組成は、海洋下が Pyrolite(McDonough & Sun, 1995) と Piclogite(Ita & Stixrude, 1992), 大陸下は On-Craton と Off-Craton kimberlite xenoliths (何れも Rudnick et al., 1998) によるものである。Perple_X(例えば Connolly & Kerrick, 1987) により CFMAS (CaO-FeO-MgO-Al₂O₃-SiO₂) 系での鉱物体積比と鉱物の化学組成を全ギブス自由エネルギーを最小化して求めた。計算では鉱物の熱力学データベースとして SFO05 (Stixrude & Lithgow-Bertelloni, 2005; Fabrichnaya, 1999; Oganov, 2005) を用いた。様々なエントロピー値での断熱温度構造を計算し、その中から Olivine-Wadsleyte 相転移 (Katsura et al., 2004), Ringwoodite-Perovskite 相転移 (Ito & Takahashi, 1989), 両者の温度圧力条件を満足する適切な断熱温度構造を選択する。海洋下では、適切な断熱温度構造をそのまま温度構造として採用するが、大陸下に関しては McKenzie et al.(2005) の方法によって断熱条件に適合しない表層の熱境界層の影響も考慮して温度構造を求めた。鉱物の電気伝導度データは最近の結果をコンパイルし直した。具体的には Olivine (Constable, 2006), Garnet-Majorite (Romano et al., 2006), Wadsleyte (Yoshino et al., 2008), Ringwoodite (op. cit.), Illmenite (Katsura et al., 2007) である。他の鉱物は Xu et al.(2000) によってコンパイルされたものを用いた。酸素分圧に関してはマントル遷移層以浅は QFM, マントル遷移層は IW buffer を仮定したが、実際はデータが揃っている Olivine のみ考慮している。最後に Hashin-Strickman bound を用いてバルクの電気伝導度を推定した。

海洋下における適切な断熱温度構造であるポテンシャル温度 1600K の場合、Pyrolite, Piclogite 何れにおいても 410km の電気伝導度不連続は、オーダー 1 程度であった。Xu et al.(1998) によって提案された、null hypothesis(上部マントルが全て Olivine/Wadsleyte/Ringwoodite であるという近似; Stixrude & Lithgow-Bertelloni, 2005) 条件下でのオーダー 2.5 という結果より遥かに低く抑えられる。原因は遷移層以浅の上部マントルの電気伝導度が観測の結果に比べ明らかに高いことである。一方、遷移層の電気伝導度は Pyrolite, Piclogite とともに観測による構造と調和的である。Yoshino et al.(2008) は null hypothesis でドライの条件でもマントル遷移層の電気伝導度構造を説明できることを明らかにしたが、Pyrolite や Piclogite の組成モデルを仮定してもドライの条件で説明できる。

大陸下の鉱物体積比計算結果は、熱境界層を考慮した温度構造と断熱温度構造それぞれで殆んど同じ結果が得られた。従って熱境界層の電気伝導度への影響は、鉱物体積比の変化(相平衡図の変化)による影響は無視でき、個々の鉱物の温度による電気伝導度変化の積算のみを反映したものである。大陸下のテクトスフェアに相当する深さ(~300km)では計算による電気伝導度構造が観測値よりも低いという結果が得られた。唐戸(2000)は、テクトスフェアで水が存在するならば、大陸が地球史上安定して存在することと矛盾する為、テクトスフェアはドライであると解釈している。唐戸の解釈を前提にすれば、観測値の電気伝導度の高さは石墨が影響していると考えられる(例えば Dube & Shankland, 1982)。