

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24540512

研究課題名(和文) 岩石の脱水・溶融に伴う電気伝導度変化メカニズムの解明

研究課題名(英文) A study of electrical properties of rock associated with dehydration and melt

研究代表者

藤田 清士 (Fujita, Kiyoshi)

大阪大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：00283862

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：含水鉱物・含水岩石からどれだけの“水”や“流体”が脱水したかを定量的に評価する手法は未だ確立していない。申請者のこれまでの研究はこの問題を解決するための布石であり、電気伝導度変化量から脱水量や脱水した流体の化学組成まで見積もる定量的解釈に貢献する基礎技術の確立であった。本申請では、これまでの研究からさらに一歩踏み込み、閉じた系に含水岩石を封入し、脱水させた際の電気伝導度を測定するだけでなく、岩石が溶融した際の電気伝導度もその場観察した。従前に取得した無水岩石・無水鉱物の電気伝導度と対比から、脱水量や脱水した流体の塩濃度だけでなく溶融の度合いまで見積もることが可能になった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of our study is to provide an explanation for experimental results on electrical conductivity variations for rhyolite melt. To detect melt processes using electrical conductivity, we carried out conductivity measurements on synthesized rhyolite. We also developed a cell-type lattice model to clarify the inter-connected conductivity mechanism of rock melt. We quantified electrical conduction networks in rock and evaluated electrical conductivity models of melt.

研究分野：地球物理学

キーワード：電気伝導度 脱水 溶融

1. 研究開始当初の背景

申請者らは含水鉱物、含水岩石が脱水する際、『鉱物+水』や『岩石+水』及び『熔融』の系が急激な電気伝導度変化を示すことに着目している。例えば、地殻内や上部マントルに存在する含水鉱物や含水岩石を任意の温度・圧力で脱水させた際、その試料を電気伝導度でその場観察(in situ)すれば、電気伝導度から、脱水量や脱水過程に関する定量データや熔融の度合いに関するデータを得る事ができる。つまり地殻下部や上部マントルの地震発生域での脱水・熔融過程を電気伝導度の視点から室内実験で再現することが可能である。

室内実験により、任意の温度圧力条件下で含水鉱物・含水岩石を脱水・熔融させることにより、その物理条件下における脱水過程や地球内部の電気伝導度コントラストとして捉えることが可能である。さらにMT法のような電磁場観測から得られた電気伝導度構造解析結果などと直接対比することにより、観測結果と実験結果との相互検証が可能になる。地殻内や沈み込みプレート近傍を実験により電気伝導度の視点から捉える研究が本研究の独創的な点である。現実には、高温高圧下で鉱物と水や岩石と水を、他の物質と反応しないように測定することは難しい。申請者らは近年、“閉じた系”における電気伝導度測定技術を開発した。これにより『鉱物+水』、『岩石+水』や『熔融』の系などの総合的な電気伝導度測定が可能になったため、本研究を積極的に推進する状況に至った。

2. 研究の目的

含水鉱物・含水岩石からどれだけの“水”や“流体”が脱水したかを定量的に評価する手法は未だ確立していない。申請者のこれまでの研究はこの問題を解決するための布石であり、電気伝導度変化量から脱水量や脱水した流体の化学組成まで見積もる定量的解釈に貢献する基礎技術の確立であった。本研究では、これまでよりさらに一步踏み込み、閉じた系に含水岩石を封入し、脱水させた際の電気伝導度を測定するだけでなく、岩石が熔融した際の電気伝導度もその場観察する。従前に取得した無水岩石・無水鉱物の電気伝導度と対比から、脱水量や脱水した流体の塩濃度だけでなく熔融の度合いまで見積もる事を計画している。地球内部の水・流体及び熔融に関しては、未解明な事が多く、これまで申請者等が行ってきた研究の連結により、定量的な解釈が発展する。同時に、脱水・熔融実験から得られたデータをもとに、地球内部の脱水・熔融過程を電気伝導度からモデル化する事にも挑戦する。

岩石の電気伝導度を測る事は、室内実験において物性の弾性波速度を測る事と独立して地球内部物性の研究に多大な貢献ができ

る。又、岩石内部の流体や熔融の定量的な存在比率が明確になれば、地震発生場の水・流体及び火山噴火のメカニズムが解明される。

本研究とこれまで蓄積されてきた研究成果は、地球内部の電気伝導度構造を総合的・系統的に解釈する上での両輪となり、必要不可欠となる。国内外を含めてこのような総合的研究は新しい試みである。電気伝導度測定の実験手法と電気伝導メカニズムの解明が進展すれば、地球内部に関する研究が進歩する。

3. 研究の方法

予備実験においてはMgOの単結晶を用いた試料ケースを作成し、その有効性を確認した。本実験においては、脱水・熔融した鉱物・岩石が“液相+固相”になってもその場観察できるような、厳密な電気伝導度を測定する。

従前の実験では、数多くの含水岩石の電気伝導度測定を行ってきた。その結果、含水岩石の脱水時に、電気伝導度が2-3桁の変動を示すことが判明している。この現象を系統的に理解するため、モデルシミュレーションを行い、電気伝導メカニズムを解明することも試みた。

今回は熔融に関する実験に主眼を置き、以下の手順で実験を遂行した。

電気伝導度を測定する岩石試料の選択を行なった。候補として選択した奈良県・畝傍地域の流紋岩を細粒化し試料合成を行なったが、均質な合成試料を作成することができなかった。そのため、ニュージーランドのタウポ火山地域の流紋岩を測定試料として用いた。流紋岩を粉碎し、約5wt%の水を加え、Ptチューブに封入した。試料合成ではピストンシリンダーを用いて、1GPa、1200で約10時間保持した。

電気伝導度の測定前後には、フーリエ変換赤外分光光度計(FT-IR)により合成した試料の含水量を精密に測定した。特に、試料の不均一性により、電気伝導度測定に影響がない事を確認した。

マルチアンビルと電気伝導度測定用セル(図1)の絶縁性を十分に確認した後、電気伝導度測定実験を開始した。測定は、インピーダンスアナライザーを用いた(図2)。実際の実験では、マルチアンビル圧力発生装置を用いて、圧力を1GPaに保持し、温度を常温から1300Kまで変化させて実験をおこなった。

当初の計画では、高温・低圧での電気伝導度測定の手法を確立するために熱間等方圧加圧(HIP)装置を用いることも検討したが、測定電極の配置や配線の問題が生じたため、試料合成をピストンシリンダーで行い、電気伝導度測定をマルチアンビルを用いて遂行することを決定した。

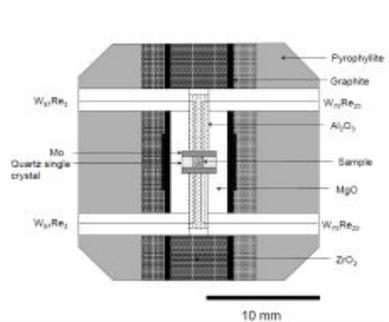


図1 電気伝導度測定用セルの模式図

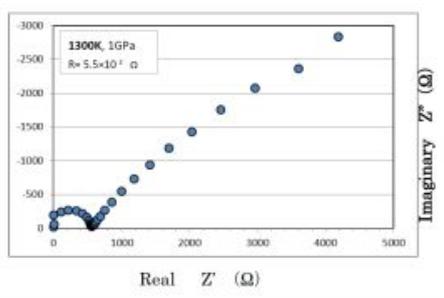


図2 インピーダンスアナライザーで測定した際のインピーダンスの実部と虚部の測定例

4. 研究成果

本研究で得られた研究成果は以下の2点である。

- (1) 岩石の熔融状態を電気伝導度から推定する手法を確立することができた。
- (2) 含水鉱物・含水岩石の脱水時に見られる電気伝導度変化だけでなく、岩石の熔融に伴う電気伝導度変化を捉えることが可能になった。

これら2つの成果をもとに、火山体下のマグマの熔融状態及び電気伝導度構造の解釈を深める予定である。

前者については、熔融による電気伝導度変化を“その場観察”ができるようになったため、多数の岩石・鉱物種に対して電気伝導度測定が可能になる。それ故、火山体付近の存在する様々な岩石に測定が適用できる。

後者に対しては、電気伝導度変化から岩石の熔融状態を定量的に推定できることが期待される。火山体下のマグマの状態は直接観測することはできないが、実験室内で熔融状態を電気伝導度から見積もることができれば、火山噴火メカニズムの解明などにも寄与できる可能性がある。又、実験で得られた電気伝導度をMT法などで得られた観測値と対比することで、火山体下の構造解釈が深まることが期待される。

これらの成果については、データ解析終了後に、国際学術誌に成果を掲載すると同時に、国際研究集会で発表を行なう予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

- (1) Liejun Wang, Adrian P. Hitchman, Yasuo Ogawa, Weerachai Siripunvaraporn, Masahiro Ichiki and Kiyoshi Fuji-ta, A 3-D conductivity model of the Australian continent using observatory and magnetometer array data, *Geophysical Journal International*, 198, 1171-1186, 2014.
- (2) Hiroshi Sakuma, Masahiro Ichiki, Katsuyuki Kawamura, and Kiyoshi Fuji-ta, Prediction of physical properties of water under extremely supercritical conditions: A molecular dynamics study, *The Journal of Chemical Physics*, 138, 134506, 2013.

[学会発表](計4件)

- (1) Fuji-ta, K., Yamashita, S., Yoshino, T., Shimojuku, A. and Wada, Y., Electrical conductivity measurement of rhyolite melt, P2.0-238M, 2014 22nd EM Induction Workshop, Weimar, Germany, 2014.
- (2) K. Fuji-ta, S. Yamashita, T. Yoshino, M. Seki, M. Ichiki, A. Shimoyuku and Y. Wada, Variation in Electrical Conductivity of Rhyolitic Melt, O2-07, *Geofluid 3: Nature and Dynamics of fluids in Subduction Zones*, Tokyo Institute of Technology, Japan, 2014.
- (3) Fuji-ta, K., Seki, M., Katsura, T. and M. Ichiki, Electrical Conductivity Network Model for Hydrous Rock and Mineral, 2012 21st EM Induction Workshop, SP2-1, Melbourne, Australia, 2012.
- (4) 藤田清土、山下茂、芳野極、下宿彰、和田穰隆、火山体環境下での流紋岩の電気伝導度変化、2013年 Conductivity Anomaly 研究会、柿岡、茨城県、2013年1月

6 . 研究組織

(1)研究代表者

藤田 清士 (FUJITA KIYOSHI)
大阪大学・工学研究科・教授
研究者番号：00283862

(2)研究分担者

芳野 極 (YOSHINO TAKASHI)
岡山大学・
地球物質科学研究センター・准教授
研究者番号：30423338

和田 穰隆 (WADA YUTAKA)
奈良教育大学・教育学部・教授
研究者番号：00252825

市來 雅啓 (ICHIKI MASAHIRO)
東北大学・理学研究科・助教
研究者番号：80359182