

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K14578

研究課題名（和文）かんらん石の含水量定量化手法の開発によるマントルの変形環境の理解

研究課題名（英文）Elucidation of the mantle deformation environment by developing a quantitative measurement of water content in olivine

研究代表者

額織 佑衣（Kouketsu, Yui）

名古屋大学・環境学研究科・講師

研究者番号：20726385

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、上部マントルの変形において重要な要素でありながら、測定が困難であるかんらん石中の含水量を、顕微赤外分光法（FT-IR）と電子線後方散乱回折法（EBSD）を組合せて定量化する新たな手法を開発し、天然のかんらん岩の含水量と結晶方位ファブリックパターンの関連性を明らかにすることが目的である。キンバーライト起源のかんらん岩捕獲岩試料を用いて、かんらん石のFT-IRマッピングを行い、Matlabを用いてスペクトル解析を行う事で、粒子内での含水量分布を明らかにする手法を確立させた。また、EBSD分析によってかんらん石のを計測し、結晶方向によって含水量に大きな違いはないことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、これまで点分析としてしか行われていなかったかんらん石中の含水量を、マッピングによって2次元で可視化できるようにした。この成果によって、地球内部の大部分を占めるマントル中の水の分布や移動がより詳細に明らかにすることが可能になった。また、ソフトプラズマエッチングという新しい表面処理法を検証し、かんらん石のEBSD分析の前処理として有用であることを初めて示した。

研究成果の概要（英文）：This study aims to develop a new method to quantify water content in olivine, which is an important factor in upper mantle deformation but is difficult to measure, using a combination of microscopic infrared spectroscopy (FT-IR) and electron beam backscatter diffraction (EBSD) method to clarify the relationship between water content and crystal orientation of natural olivine. We established a method to reveal the distribution of water content within a olivine by performing FT-IR mapping using a kimerlite xenolith sample and spectral analysis using Matlab. The crystal orientation of olivine was measured by EBSD analysis, and it was found that there is no significant difference in water content depending on the crystal orientation of olivine.

研究分野：岩石学

キーワード：かんらん石 顕微赤外分光法（FT-IR） 電子線後方散乱回折（EBSD） キンバーライト

1. 研究開始当初の背景

上部マントルの主要構成鉱物であるかんらん石は、マントルの流動によって結晶軸の向きがそろった結晶方位ファブリックを示す。結晶方位ファブリックはマントル内での変形環境(応力、温度、ひずみ速度、含水量など)によってさまざまなタイプを示すため、地球内部における大規模な流動の様子を知る重要な手がかりとされてきた。鉱物の結晶方位ファブリックは、特に室内変形実験を用いた議論が活発であり、含水量と応力及び結晶方位の関係を実験的に求めた Karato et al. (2008)は多くの研究で引用されている。また、室内変形実験データと地球物理学的観測データ(地震波速度異方性や電気伝導度など)を比較することで、マントル内部における対流様式や物質循環を明らかにしようとする研究も活発である。一方、天然のかんらん岩試料に関する多くの研究は、主にかんらん石の結晶方位ファブリックのタイプ分けをおこなうのみであり、その成因であるマントル内での変形環境は、実験データを参照した“推定”にとどまることが多い。しかし、室内変形実験とマントル中の変形環境の間には大きなギャップがあり、単純な室内変形実験の結果を複雑な天然試料に適用してよいのかの検討は不十分であった。

2. 研究の目的

研究の目的は、赤外分光法を用いて天然のかんらん岩中のかんらん石の含水量を簡便に定量化する手法を開発し、マントル内における含水量を明らかにすることで、マントルの変形環境を明らかにすることである。

3. 研究の方法

天然のかんらん岩の両面研磨薄片を作成し、赤外分光(FT-IR)法を用いてかんらん石のマッピングを行う。研究対象として、南アフリカ Kaapvaal craton で採取されたザクロ石かんらん岩を用いた。得られたスペクトルのマッピングデータは Matlab でピーク解析を行い、Matveev & Stachel (2007)で提案されている含水量計算式をベースにして、試料の厚さや含水量のマッピングを作成した。また、電子線後方散乱回折法 (EBSD) を用いて、含水量マッピングを作成したかんらん石の結晶方位の決定を行い、含水量との関係を検証した。

4. 研究成果

かんらん石の含水量を決定する際に重要となる両面研磨薄片の厚さの確認方法に関する検証を行った。薄片作成時にマイクロメーターを用いて厚さを確認しながら試料作製を行った。また、アセトンで両面研磨薄片を剥離した後は、電動ステージを用いて薄膜の厚さを計測した。また、Matveev & Stachel (2007)で提案されている Si-O 結合領域を用いた計算式でも、電動ステージから得られた厚さと同等の値を得ることができた。計算式では、かんらん石以外の鉱物のスペクトルが混ざった場合、正確な厚さ測定ができないことから、含水量の計算では、最頻値(モード値)を代表値として用いた。次に、赤外分光分析する際の最適な両面研磨薄片の厚さを検証した。両面研磨薄片は、FT-IR 分析後の EBSD 分析も見越して、両面ともにダイヤモンド研磨まで行ったが、100 μm 以下の厚みでは薄膜内での干渉が起こり、OH スペクトルが正しく検出できない事が明らかになったため、100 μm 以上の厚さの両面研磨薄片を用いて検証を行った。かんらん石中の含水量は、モード値から決定した両面研磨薄片の厚さと Matveev & Stachel (2007)で提案され

ている O-H 結合領域を用いた計算式を用いて計算を行った。かんらん石中には境界近傍や脈周辺に少量の蛇紋石が含まれており，かんらん石の含水量が多めに見積もられてしまう問題が発生した。そこで，蛇紋石の 3700 cm^{-1} 付近のピークが $3500\text{--}3650\text{ cm}^{-1}$ 領域のかんらん石の OH ピークよりも強い場合は，フィルタリングによって蛇紋石のピークを含むスペクトルを除外する作業を行った。その結果，かんらん石中の含水量は粒子内でほぼ均一な値を示すことが明らかになった（図 1）。同一薄片に含まれるかんらん石はそれぞれ同程度の値を示すことから，岩石中のかんらん石の含水量はほぼ均一である事が示唆された。また，EBSD 分析を行うため，両面研磨薄片をソフトプラズマエッチング処理した結果，5 分程度の処理によりかんらん石の EBSD パターンが得られる事が明らかになった。この成果により，脆い両面研磨薄片をコロイダル処理しなくても EBSD 分析を行う事が可能であることが示された。EBSD 分析によってかんらん石の結晶方位と含水量の関係を検証した結果，かんらん石の結晶方位によって含水量に大きな違いは無いことが明らかとなった。

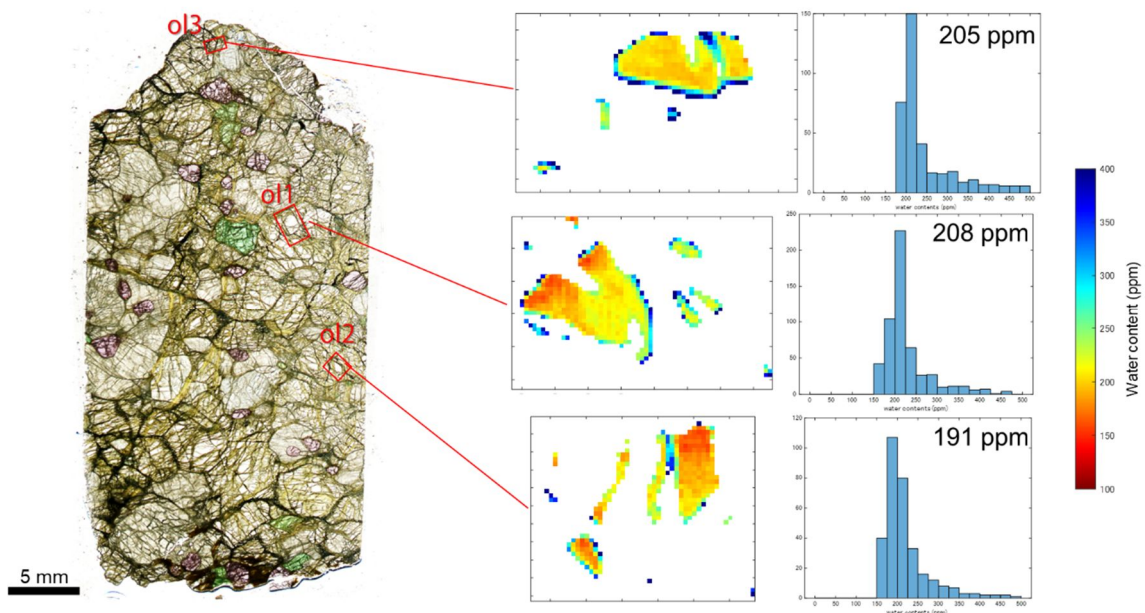


図 1 (左) 作成した両面研磨薄片に含まれるかんらん石の分布
(右) かんらん石の含水量マップとヒストグラム

【引用文献】

- Karato, S., Jung, H., Katayama, I., Skemer, P., 2008. Geodynamic Significance of Seismic Anisotropy of the Upper Mantle: New Insights from Laboratory Studies. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 36, 59–95.
- Matveev, S., Stachel, T., 2007. FTIR spectroscopy of OH in olivine: A new tool in kimberlite exploration. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 71, 5528–5543.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 KOUKETSU Yui	4. 巻 52
2. 論文標題 分光学と地質学の融合：光を通じて見る地球内部環境	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Magazine of Mineralogical and Petrological Sciences	6. 最初と最後の頁 230110a
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2465/gkk.230110a	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 山川桃花, 瀨織佑衣, 道林克禎
2. 発表標題 EBSD分析のための岩石薄片の研磨実験～コロイダルシリカとプラズマエッチングの検証～
3. 学会等名 変成岩などシンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hitomi Mizuno, Yui Kouketsu, Katsuyoshi Michibayashi
2. 発表標題 Water content map of olivine using FT-IR method
3. 学会等名 変成岩などシンポジウム 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 瀨織 佑衣、水野 瞳、道林 克禎
2. 発表標題 FT-IR法を用いたかんらん岩中に含まれるかんらん石の含水量定量化手法の開発
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山川 桃佳、瀧澤 佑衣、道林 克禎
2. 発表標題 EBSD分析のための岩石薄片の研磨実験 ～コロイダルシリカとプラズマエッチングによる効果の検証～
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------