

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25287139

研究課題名(和文) 捕獲岩の温度圧力情報から探る100mオーダーのリソスフェア構造

研究課題名(英文) Improvement of Raman Spectroscopic Densimetry for Carbon Dioxide Fluid

研究代表者

山本 順司 (Yamamoto, Junji)

北海道大学・総合博物館・准教授

研究者番号：60378536

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,500,000円

研究成果の概要(和文)：本課題では、捕獲岩が由来した深度を100mオーダーの解像度で決定できる地質圧力計の開発を目指した。リソスフェアは地球深部からもたらされる温度や流体の通り道として常に議論の舞台となっている。物理的観測によってその物質構造や流体の存在が間接的に推察されつつあるが、その検証や流体の実体、分布などを論じるには岩石構造を直接かつ精細に調べることが有用であろう。そこで我々は、捕獲岩に見られる流体包有物の残留圧力を利用し、捕獲岩の由来深度を精密に読み取ることにより、100mオーダーの解像度でリソスフェアの岩石構造を描き出すことに成功した。

研究成果の概要(英文)：We improved Raman spectroscopic densimetry for a CO₂ fluid using a micro-Raman spectrometer with high spectral resolution. For precise determination of CO₂ density, we obtained the separation of wavenumbers between two main peaks of the CO₂ Raman spectrum, with a precision of $\ll 0.006$ cm⁻¹. This precision will be enhanced to $\ll 0.003$ cm⁻¹ by increasing counts, corresponding to a density precision of $\ll 0.0009$ g/cm³, which is approximately one order of magnitude less than that reported in earlier studies.

研究分野：マントル化学

キーワード：流体包有物 マントル捕獲岩 地質圧力計

1. 研究開始当初の背景

リソスフェアを構成する岩石の構造や厚さ、地温勾配はその深部のアセノスフェアや遷移層の状態に影響を受けており、直接的な研究が困難な深部マントルの動きを映す鏡として利用できる可能性がある。そこで申請者らは、捕獲岩の由来深度を数 km の精度で推定できる地質圧力計を開発した (Yamamoto et al., 2002 *EPSL*; 2008; 2011 *Eur. J. Mineral.*)。本課題ではその誤差を飛躍的に改善させ、リソスフェアの諸構造を 100m オーダーで議論できるレベルに高める。その意義を下に記す。

・地球物理的観測の地質学的解釈を可能にする

地震波速度構造に代表される物理的地球内部像は、マントル浅部においてもその解像度を 100m オーダーにまで高めている。しかしその描像の解釈には物質的制約が必要である。もし岩石学的に同じ解像度でリソスフェアを見ることができれば物理観測の解釈が大きく進展するであろう。

・リソスフェアにおけるマグマの分布や動きを読み取る

リソスフェア内でマグマが活動するとその周辺の温度構造を改変する。捕獲岩の温度圧力情報から推察されたリソスフェアの温度構造が地殻熱流量線に整合しない場合は、リソスフェアにおける温度擾乱の可能性があり、リソスフェアにおけるマグマの滞留深度や規模を推察することができる。ただし、由来深度の誤差が数 km に及ぶと温度構造の乱れを議論することは困難になる。

・リソスフェア諸構造の精緻化を可能にする
岩石学的な観察から様々なリソスフェア断面図が提唱されてきた。しかし、多くは深さ情報の制約が乏しい造山型かんらん岩や由来深度が推定されていないマントル捕獲岩の観察に基づいている。本課題の地質圧力計が完成すれば、地球科学的知見が膨大に蓄積されている捕獲岩の由来深度を精密に決めることができるため、リソスフェアの諸構造が一挙に精緻化されるに違いない。

2. 研究の目的

本課題では、捕獲岩が由来した深度を 100m オーダーの解像度で決定できる地質圧力計の開発を目指した。

リソスフェアは地球深部からもたらされる温度や流体の通り道として常に議論の舞台となっている。物理的観測によってその物質構造や流体の存在が間接的に推察されつつあるが、その検証や流体の実体、分布などを論じるには岩石構造を直接かつ精密に調べることが有用であろう。そこで申請者らは、捕獲岩に見られる流体包有物の残留圧力を利用し、捕獲岩の由来深度を精密に読み取る

ことにより、100m オーダーの解像度でリソスフェアの岩石構造を描き出すことに挑んだ。

3. 研究の方法

捕獲岩、特にマントル捕獲岩の由来深度を推定する手法は古くから開発が続けられてきた。しかしザクロ石を含まない浅部リソスフェア由来の捕獲岩には有効な地質圧力計が存在しなかった。そこで代表者は、大学院生時代から 10 年を掛け顕微ラマン分光分析による流体包有物の残留圧力決定法を確立させた (例えば、Yamamoto et al., 2002 *EPSL*; Yamamoto & Kagi, 2006 *Chem. Lett.*)。この手法は誤差数 km で由来深度を決める地質圧力計の開発に繋がり、浅部リソスフェアの岩石構造やモホ面深度を推定できるレベルに達しつつある (Yamamoto et al., 2007 *EPSL*)。しかし、市販の分析装置では由来深度の誤差をこれ以上改善させることが困難であり、リソスフェアの物質構造を物理的観測に匹敵する解像度に高めることができない。そこで申請者らは次世代型分析装置を開発することでリソスフェア諸構造の精緻化に挑んだ。

本課題で新規に開発を目指す分光分析装置の特徴は普及機器よりはるかに高い波数分解能である。当地質圧力計において、分光分析装置の波数分解能は由来深度の精度に直結する重要な要素となっている。それゆえ目標通りの波数分解能が得られれば由来深度の精度を飛躍的に高めることができる。

4. 研究成果

本課題の目標は 100m オーダーの精度を持つ地質圧力計を開発することである。

そこで、まず初年度は分光分析装置の開発に着手し、計画通りの波数分解能が得られる分光分析システムを完成させた。この作業により、流体包有物の流体密度を極めて高精度 (誤差 0.001 g/cm³ 以下) で測定できるレベルに達した (Takahata et al., *Chem. Lett.*, 2014)。次年度には流体包有物の流体保持能力検証を行った。そして最終年度には、天然のリソスフェア由来の捕獲岩に当地質圧力計を適用することに成功した (Yamamoto et al., *Geology*, 2014)。

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 13 件)

1. Shitaoka Y., Moriwaki H., Akai F., Nakamura N., Miyoshi M. and Yamamoto J. (2016) Eruption age of Sakurajima-Satsuma tephra using thermoluminescence dating. *Bulletin of Geo-Environmental Science* 18, 29–35. 査読あり

2. 下岡順直, 山本圭香, 山本順司 (2016) 減災教育を意識した液状化現象実験観察の実践例. 地球環境研究 18, 71-78. 査読あり

3. 田中公教, 三嶋渉, 高畑幸平, 榊山匠, 山本順司 (2016) 天文シミュレーターMitakaを用いたプログラム公演と大学博物館展示の連携: 化石展示との連携を事例して. 地学教育, 印刷中 査読あり

4. 山本順司, 高畑幸平, 鳥本淳司, 石橋秀巳 (2015) マントル捕獲岩の流体包有物から読み取れる情報. 地学雑誌, 124, 429-443. 査読あり

5. 田中公教, 岩波連, 神田いずみ, 山本順司, 福澄孝博 (2015) 天体シミュレーターソフトウェア Mitaka 用いた大学博物館の新たな試み: “宇宙展示” と “考古展示” の連携. Computer & Education, 印刷中. 査読あり

6. 三嶋渉, 山本順司, 在田一則, 鳥本淳司, 田中公教, 酒井実 (2015) 凍結融解の発生機構を理解する実験手法の開発: 1 時間で 10 回分の風化を引き起こす. 地学教育, 68, 59-67. 査読あり

7. Yamamoto J., Korenaga J., Hirano N. and Kagi H. (2014) Melt-rich lithosphere-asthenosphere boundary inferred from petit-spot volcanoes. Geology 42, 967-970. DOI:10.1130/G35944.1 査読あり

8. Takahata K., Torimoto J. and Yamamoto J. (2014) Improvement of Raman spectroscopic densimetry for carbon dioxide fluid. Chemistry Letters 43, 1924-1925. DOI:10.1246/cl.140782 査読あり

9. Kumagai Y., Kawamoto T. and Yamamoto J. (2014) Evolution of carbon dioxide-bearing saline fluids in the mantle wedge beneath the Northeast Japan arc. Contributions to Mineralogy and Petrology 168, 1056. DOI:10.1007/s00410-014-1056-9 査読あり

10. Shitaoka Y., Miyoshi M., Yamamoto J., Shibata T., Nagatomo T. and Takemura K. (2014) Thermoluminescence age of quartz xenocrysts in basaltic lava from Oninomi monogenetic volcano, northern Kyushu, Japan. Geochronometria 41, 30-35. DOI:10.2478/s13386-013-0144-3 査読あり

11. 下岡順直, 本庄眞, 渡辺克裕, 河原真菜, 山本順司, 三好雅也, 中野英之, 平賀章

三, 竹村恵二 (2014) 火山を主眼とする環境学習の有効性と課題—活動する火山が在る地域と無い地域での実践比較. 環境教育 24, 85-91. 査読あり

12. Miyoshi M., Shinmura T., Sumino H., Sano T., Miyabuchi Y., Mori Y., Inakura H., Furukawa K., Uno K., Hasenaka T., Nagao K., Arakawa Y. and Yamamoto J. (2013) Lateral magma intrusion from a caldera-forming magma chamber: Constraints from geochronology and geochemistry of volcanic products from lateral cones around the Aso caldera, SW Japan. Chemical Geology 352, 202-210. 査読あり

13. 徳永彩未, 山本順司 (2013) 東日本大震災に対する環境教育の応答性を探る—サイエンスカフェを例に— (東日本大震災後の環境教育). 日本の環境教育 1, 86-93. 査読あり

[学会発表] (計7件)

1. 山本順司, Mark D. Kurz
深部マントルのアルゴン同位体比. 質量分析学会同位体比部会, 2015年11月26日, 湯の宿木もれび (滋賀県大津市)

2. 山本順司, 高畑直人, 佐野有司, 荒井章司, Vladimir S. Prikhod'ko
マントルウェッジ由来捕獲岩の窒素・希ガス同位体組成. 質量分析学会同位体比部会, 2014年11月27日, 筑波山温泉旅館 彩香の宿 一望 (茨城県つくば市)

3. 山本順司
地球の化学的層構造と材料隕石. 質量分析学会同位体比部会, 2014年11月26日, 筑波山温泉旅館 彩香の宿 一望 (茨城県つくば市)

4. 山本順司
海の捕獲岩から探る海洋リソスフェア. 金沢オフィオライトシンポジウム, 2013年12月19日, 石川県四高記念文化交流館 (石川県金沢市)

5. 山本順司, 大藤弘明, 石橋秀巳, 吉岡貴浩, 西原遊, 大内智博
流体包有物を使った鉱物の変形強度解析. 日本鉱物科学会年会, 2013年9月12日, 筑波大学 (茨城県つくば市)

6. Yamamoto J., Hirano N., Kurz M.D.
Noble gas isotopic compositions of newly discovered petit spot basalts. DINGUE, 2013年8月24日, University of Florence, Florence (Italy)

7. 湯浅万紀子, 山本順司

大学博物館と学校との連携 北海道大学総合博物館の現状と課題、そして可能性. 理科教育学会シンポジウム「理科教育から見た博物館利用の問題点を考える」, 2013年8月11日, 北海道大学総合博物館(北海道札幌市)

〔図書〕(計1件)

1. 地球惑星科学入門第2版(在田一則・竹下徹・見延庄士郎・渡部重十編著), 2015年, 北海道大学出版会, 447ページ.

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.museum.hokudai.ac.jp/jyama/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 順司(YAMAMOTO Junji)
北海道大学・総合博物館・准教授
研究者番号:60378536

(2) 研究分担者

鍵 裕之(KAGI Hiroyuki)
東京大学・理学系研究科・教授
研究者番号:70233666

石橋 秀巳(ISHIBASHI Hidemi)

静岡大学・理学部・講師

研究者番号:70456854

(3) 連携研究者

鈴木 敏弘 (SUZUKI Toshihiro)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部
ダイナミクス領域・技術研究副主幹
研究者番号: 40235974