

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)	氏名	山 本 貴 史
学位授与の要件	学位規則第4条第①・2項該当		
論文題目			
<p>Mechanism of iron concentration around dislocation core in deformed olivine: Implications for the dynamics of the upper mantle</p> <p>(変形したカンラン石中の転位芯への鉄の濃集機構：上部マントルのダイナミクスに与える影響)</p>			
論文審査担当者			
	主 査	教 授	安東 淳一
	審査委員	教 授	片山 郁夫
	審査委員	教 授	須田 直樹
	審査委員	教 授	柴田 知之
	審査委員	客員准教授	富岡 尚敬 (附属理学融合教育研究センター)
〔論文審査の要旨〕			
<p>上部マントルのダイナミクスを理解する上で解明しなければいけない重要な問題の一つは、上部マントルの主要構成鉱物であるカンラン石 ($(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$) の塑性変形特性に与える超低歪速度の効果である。しかし上部マントルの様な非常に遅い歪速度条件を変形実験によって再現することは不可能であるため、超低歪速度の効果に関する系統的な研究はこれまで行われてこなかった。しかし金属学では、塑性変形特性に与える歪速度の効果は実験を通じてよく理解されており、「コットレル雰囲気」が歪速度の効果を理解する上で重要な現象であることが明らかにされている。「コットレル雰囲気」とは、歪速度の遅い条件でのみ発現する転位芯に固溶原子が濃集する現象のことである。「コットレル雰囲気」は、その発現により物質の塑性変形強度を急激に大きくするために、物質の強化機構としても用いられている。本論文では、カンラン石中で「コットレル雰囲気」が発現しうるかという着眼点で、上部マントルのダイナミクスに対する超低歪速度の効果を解明することを目的としている。本論文では、この目的のために以下の2つの手法で研究が進められている。</p> <p>(1) 上部マントル起源の変形したカンラン石中に発達する変形組織、特に転位組織の詳細なキャラクターゼーションを行い、上部マントルにおいてカンラン石中で「コットレル雰囲気」が発現したかどうかを検証する。(2) カンラン石の加熱実験を行い、「コットレル雰囲気」の発現の有無を明らかにする。</p> <p>(1) 上部マントル起源のカンラン石の研究</p> <p>天然で産出する変形した岩石は全て変形履歴を有する。したがって本研究の目的を達するためには、試料中に発達する変形組織が上部マントルで形成されたものであることをまず明らかにする必要がある。本研究ではこのことを、カンラン石の“格子選択配向”“亜結晶粒界”“転位”といった3つの異なる変形組織を解析することで卓越すべり系を求め、それを比較することにより明らかとした。試料には、目潟 (秋田県)、高島 (佐賀県)、黒瀬 (福岡県)、ソルトレイク (ハワイオアフ島)、ピナツボ (フィリピンルソン島) 産のカン</p>			

ラン岩捕獲岩，及び，北海道ホロマンとウエンザル産のアルプス型カンラン岩を用いた。その結果，目潟，黒瀬，ソルトレイク，ピナツボ，ホロマン産のカンラン岩に発達する変形微細組織は上部マントルにおいて形成された可能性が強いことを明らかとした。一方，高島産のカンラン岩は塑性変形をほとんど受けていない沈積岩起源であること，またウエンザル産のカンラン岩は応力集中等を受けており，上部マントルの典型的な変形組織を保持していないことを明らかとした。本論文中には“格子選択配向”“亜結晶粒界”“転位”の解析を基にした，各試料の詳細な変形履歴も議論されている。

次に，上部マントルにおいて形成された可能性が強い変形組織を有する目潟，黒瀬，ソルトレイク，ピナツボ，ホロマン産のカンラン岩を研究対象として，カンラン石中に発達する転位の詳細なキャラクターゼーションを行っている。その結果，全ての試料において，固溶原子である鉄が転位芯に fayalite モル比で約 1~2 %濃集することを見出した。この結果は一見，上部マントルにおける「コットレル雰囲気」の発現を示唆するものであるが，山本貴史君は同様の鉄の濃集はカンラン石の系外からの鉄の「パイプ拡散」によっても形成されうると考え，数値計算によって「パイプ拡散」を再現させた。その結果，上部マントル起源の塑性変形したカンラン石中に認められる転位芯への鉄の濃集は，「コットレル雰囲気」ではなく「パイプ拡散」に起因すること，すなわち上部マントル起源のカンラン石中には「コットレル雰囲気」の発現を示唆する証拠は存在しないことを明らかにした。

(2) カンラン石の加熱実験

金属学で行われている加熱実験を用いた「コットレル雰囲気」の発現実験を，カンラン石に応用し「コットレル雰囲気」の発現を検証した。実験過程における出発試料の作成，及び，実験等は極めて精細に行われたものの，回収試料中には「コットレル雰囲気」の発現は認められなかった。

山本貴史君は以上の天然試料のキャラクターゼーションと加熱実験の結果を基に，「コットレル雰囲気」の発現に必要なカンラン石の原子寸法差因子に着目した。そしてカンラン石のような固溶体の原子寸法差因子を決定する際には，溶質原子の濃度変化に伴う格子定数の変化量を考慮することが重要であり，したがってカンラン石では有意な「コットレル雰囲気」は発現しないと結論を提示した。この結果はカンラン石の塑性変形特性，及び，上部マントルのダイナミクスを解明する際には，歪速度の影響を考慮する必要がないことを明確に示したもので，上部マントルのダイナミクス研究に大きな貢献をなした研究といえる。

以上，審査の結果，本論文の著者は博士（理学）の学位を授与される十分な資格があるものと認める。

公表論文

- [1] T. Yamamoto, J. Ando, N. Tomioka, and T. Kobayashi, 2017, Deformation history of Pinatubo peridotite xenoliths: constraints from microstructural observation and determination of olivine slip systems. *Physics and Chemistry of Minerals*, in press.

参考論文

- [1] G. Ghosh, S. Bose, K. Das, A. Dasgupta, T. Yamamoto, Y. Hayasaka, K. Chakrabarti, and J. Mukhopadhyay, 2016, Transpression and juxtaposition of middle crust over upper crust forming a crustal scale flower structure: Insight from structural, fabric, and kinematic studies from the Rengali Province, eastern India. *Journal of Structural Geology*, 83, 156-179.
- [2] T. Ishii, L. Shi, R. Huang, N. Tsujino, D. Druzhbin, R. Myhill, Y. Li, L. Wang, T. Yamamoto, N. Miyajima, T. Kawazoe, N. Nishiyama, Y. Higo, Y. Tange, and T. Katsura, 2016, Generation of pressures over 40 GPa using Kawai-type multi-anvil press with tungsten carbide anvils. *Review of Scientific Instruments*, 87, <http://dx.doi.org/10.1063/1.4941716>.