

氏 名 WANG Q I (王 琦)

学 位 の 種 類 博士 (理学)

学 位 授 与 年 月 日 令和6年9月23日

学 位 論 文 名 Dominant Slip Systems of Naturally Deformed Quartz under the Mid-Crustal Conditions: Implications for Rheology of the Continental Crust

論文審査委員 主査 教授 奥平 敬元

副査 教授 篠田 圭司

副査 准教授 柵山 徹也

副査 教授 米澤 剛

論文内容の要旨

Quartz is the most dominant constitutive mineral in the continental crust, and thus, the deformation mechanism of quartz is essential for understanding the continental crust rheology. Under the mid-crustal conditions, dislocation creep of quartz is the dominant deformation mechanism. Based on the previously proposed flow laws, the flow strength of quartz aggregates with a dominant basal $\langle a \rangle$ slip system differs from that with a dominant prism $\langle a \rangle$ slip system by tens of megapascals under mid-crustal conditions, where crustal strength is at its maximum. Thus, identifying the dominant slip systems in naturally deformed quartz is crucial for understanding the continental crust rheology. Although the basal $\langle a \rangle$ slip system is considered dominant in quartz under mid-crustal conditions, its activity is controversial because some microstructural observations support an oriented nucleation growth model for c -axis distribution near the minimum strain axis. This study examined the crystallographic orientation and shape of quartz phenocrysts in a deformed granitic porphyry in the Ryoke belt, SW Japan, to clarify the dominant slip systems in the naturally deformed at temperature conditions of $\sim 400\text{-}500^\circ\text{C}$ utilizing optical and electron backscatter diffraction (EBSD) observations. Identified active slip systems include prism $\langle a \rangle$, basal $\langle a \rangle$, prism $[c]$, and rhomb $\langle a \rangle$ through misorientation analyses via EBSD data. The aspect ratios of phenocrysts with dominant prism $\langle a \rangle$ and basal $\langle a \rangle$ slip systems are higher than prism $[c]$ and rhomb $\langle a \rangle$ slip systems, indicating similar strengths between prism $\langle a \rangle$ and basal $\langle a \rangle$ slip systems, which are weaker than prism $[c]$ and rhomb $\langle a \rangle$ slip systems under the mid-crustal conditions. Misorientation analysis showed c -axis orientations of basal $\langle a \rangle$ phenocrysts distributed at pole figures peripheries, indicating basal $\langle a \rangle$ activation over the proposed oriented nucleation and growth model. Consequently, this study provided

robust evidence for the basal $\langle a \rangle$ and prism $\langle a \rangle$ slip systems as the dominant slip systems in the middle crustal conditions. We proposed a proportional model of the combination of basal $\langle a \rangle$ and prism $\langle a \rangle$ slip systems, suggesting that crustal strength would be controlled by the increasing ratio from prism $\langle a \rangle$ to basal $\langle a \rangle$ with decreasing depth in the mid-crust.

論文審査結果の要旨

石英は大陸地殻で最も主要な造岩鉱物であり、内陸地震の発生機構や大陸地殻のレオロジーは石英の変形特性に支配される。大陸地殻条件では、石英は転位クリープで変形するが、最近の高温・高歪み速度の変形実験から、優勢すべり系が異なるとクリープ流動則のパラメータ（特に応力指数と活性化エネルギー）の値が大きく異なることが明らかになってきた。よって、大陸地殻のレオロジーを議論する場合、石英のどのすべり系が大陸地殻条件で卓越するかを明らかにすることが重要である。従来、石英集合体で観察される結晶方位定向配列（CPO）と数値シミュレーション結果との比較から、圧縮軸（Z軸）方向にc軸が集中するCPOパターンは、底面a軸すべりの結果とされてきたが、最近、電子線後方散乱回折法（EBSD）による石英集合体の詳細な変形組織解析から、Z軸方向へのc軸の集中は転位すべりの結果ではなく、動的再結晶による核形成・配向成長の結果であり、底面a軸すべりは石英において優勢すべり系とはならないという指摘がなされた。このような状況において、本研究は、兵庫県淡路島に産する領家帯の花崗斑岩中の石英斑晶を用いて、EBSDによる詳細な変形組織解析（主にCPOや亜結晶粒回転軸）から、石英の優勢すべり系を明らかにする目的で行われた。その結果、柱面a軸すべりおよび底面a軸すべりが優勢すべり系であることが明らかとなった。また、底面a軸すべりが優勢すべり系である石英斑晶のc軸がZ軸方向に配置することも明らかとなり、数値シミュレーションの結果と整合的なものとなった。以上より、本研究は、石英斑晶における詳細な変形組織解析から、底面a軸すべりが地殻条件において卓越することを確実なものとした。これらの結果は、内陸地震の発生機構や大陸地殻のレオロジーを議論する場合の基礎となる重要なものである。よって、本論文は博士（理学）の学位を授与するに値するものと審査した。