

論文内容の要旨

〔 題 名 〕

Water in minerals and rocks:

States, connectivity, diffusivity, and role during rock deformation

(岩石・鉱物中における水：状態，連結性，拡散性，および岩石変形時における役割)

学位申請者 福田 惇一

印

水は地球内部に様々な形状で普遍的に分布している。岩石中においてそれは、分子状の H_2O 、すなわち流体として粒界や鉱物三重点に、そして流体包有物として含まれている。鉱物単結晶中においては、不純物として鉱物結晶構造中に $-\text{OH}$ として保持されている(例えば Aines and Rossman, 1984)。岩石・鉱物中におけるこのような水の輸送(拡散)機構は、地球全体において、レオロジーと総括される、岩石・鉱物の破壊、流動、変形に寄与する(Dysthe and Wogelis, 2006 にまとめ)。このような背景の下、本博士論文では、このような水の種類の状態や岩石中における連結性、拡散性について評価し、さらに岩石変形時における役割について検討した。

水の状態および、その量は赤外分光法により評価することができる。赤外分光法では、岩石・鉱物試料に赤外線照射し、試料が内包する分子の赤外(線吸収振動)スペクトルから、これらの情報を読み取ることができる。実際の地球内部は高温・高圧下の世界である。そこで、本博士論文では、温度変化に敏感な岩石中の分子状 H_2O の状態について、高温その場顕微赤外分光法を用いて調査した。試料として、分子状 H_2O を粒界に多く保持する微結晶石英集合体である玉随を用いた。温度を室温から 400°C まで上昇させながら、随時高温その場赤外スペクトルを測定し、玉随中に保持された分子状 H_2O の状態変化を考察した。そして粒界に保持されている分子状 H_2O は高温下で、超臨界状態のように振る舞う事を見出した。このような高温下では粒界中の分子状 H_2O は膨張し、岩石中での連結性が変わりうる。そこで、電気インピーダンス測定を行い、高温下での水の連結性を電気伝導度の値から考察した。すると、このような分子状 H_2O は温度上昇と共に、玉随粒界に膨張していくが、試料に保持されている分子状 H_2O は、高温下でも完全に粒界を満たしてはならず、部分的に孤立して存在していることが明らかとなった。また、水の量と電気伝導度の値の関係性についても明らかにした。このように、用いた玉随試料中に保持された水の状態と連結性を評価した後、脱水に伴う拡散機構について報告した。 500°C までの高温で試料を保持し、分子状 H_2O の脱水に伴う赤外スペクトル強度の減少を解析し、拡散性を見積もった。実験前後の高解像度捜査型電子顕微鏡像を比べることにより、水が試料粒界を伝って脱水していく際に、石英粒子が溶解-沈殿した痕跡も確認された。

以上のように、岩石内部における水の高温下での状態、連結性、拡散性について評価したのち、次に天然の花崗岩質変形岩を用い、変形機構と関連する水の分布、輸送機構について考察した。特に、花崗岩質岩帯において、水の授受と、次いで起こる反応がよく観察されるカリ長石に注目した。まず、天然の変形岩を扱う上で、EBSD測定により、その変形機構を明らかにした。その結果、変形時に剛体として振る舞った比較的大きなカリ長石(数百 μm 以上の)は結晶内部の歪みの解消として、転位クリープによって再結晶化し、 $30\mu\text{m}$ 以下の細粒なカリ長石粒子が岩石基質を構成するようになると、変形機構が拡散クリープに変化することが明らかとなった。このように、粒径に応じた変形機構の変化は、地殻全体の強度分布を変化させると考えられる。変形機構を明らかにした後、カリ長石周囲の水の分布を、赤外分光法面分析を用いて評価した。すると、数百 μm 以上のカリ長石内部の水分布は付近質でその量は $200 - 1500 \text{ ppm H}_2\text{O}$ と大きな変化があった。一方、上述のような変形機構で細流化した細粒カリ長石内部の水は $200 - 250 \text{ ppm H}_2\text{O}$ で、数百 μm 以上のカリ長石中の水の量と比較して少なく、大きな変化がないことが分かる。以上のことから、元々、付近質に存在していた数百 μm 以上のカリ長石中の水は細粒化の際に、放出されたことが示唆される。このように、変形時に吐き出された水はさらなる岩石の変形および、各鉱物間の反応にも寄与する事が考えられ、地殻の強度分布を再構築する上で、重要な要素になることが示唆される。