



Melt Network in a Partially Molten Rock

Nakano, Tsukasa

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

1988-03-31

(Date of Publication)

2014-03-04

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲0761

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1000761>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・(本籍)	中野 <small>なかの</small> 司 <small>つかさ</small> (兵庫県)
学位の種類	学術博士
学位記番号	学博い第121号
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
学位授与の日付	昭和63年3月31日
学位論文題目	Melt network in a partially molten rock (部分溶融した岩石内での液相のネットワークについての研究)

審査委員	主査 教授 伊東敬祐 教授 宮垣盛男 教授 藤井直之
------	-------------------------------

論文内容の要旨

火山下部の上部マントルに存在する部分溶融層では、そこで発生した極めて少量の液相（マグマ）が集積，上昇するために，液相はネットワークを形成していると考えられる。多種類の固相（鉱物の結晶粒子）から成る岩石では液相による粒界のぬれ易さが固相の種類によって異なるため，粒界での液相の分布はそれを取り囲む鉱物粒子の種類や組合せに依存することがおこりうる。それゆえ，液相のネットワークの形成の度合は，液相の体積と部分溶融した岩石を構成する固相の体積比（岩石の鉱物組成）の両方によって決まると考えられる。本研究では，多種の固相を含む部分溶融系での液相のネットワークの性質（主にその連結度）を固相の体積比および液相の体積と関連づけることを試みた。

まず第1章では，液相がどのような鉱物組合せの粒界に存在しうるかということを決める「規則」の熱力学的な意味あいは考えず，これを実験から得られた経験的なもので代用して，部分溶融層での液相のネットワークを単純化したモデルを作った。このモデルは従来のパーコレーション理論で使われているモデルを拡張したもので，今扱っている問題も多種粒界浸透問題（略してMGCP）と名付けて，その性質を従来のパーコレーション理論と対比しながら調べた。従来のパーコレーション理論の取り扱う問題では，主に液相の分布はそれ自身が独立な変数として取り扱うが，MGCPでは，系内の粒子の分布が決まれば液相の分布は自動的に決ってしまう。それゆえ，従来のパーコレーション理論における液相の臨界数密度に対して，MGCPでは多種粒子（固相）の臨界体積比（数密度）がある。すなわち，MGCPでは液相のネットワークはある臨界体積比を境にして途切れた状態からつながった状態へと突然変化する。二次元及び三次元の粒子のう

ち、同じ粒子の形状で空間が埋め尽くせるものに対して、二種類の粒種が十分混じり合っている場合の固相の臨界体積比をグラフ理論及び数値シミュレーションによって求めた。そして、それを部分熔融実験の結果と結びつけて、かんらん岩の鉱物組成-液相のネットワークの連結度ダイアグラムを作成した。このダイアグラムから、かんらん石 (ol)、単斜輝石 (cpx) および斜方輝石 (opx) を含む天然のかんらん岩の場合olの体積比が63%を越えると、またolとopxを含む合成かんらん岩の場合にはolの体積比が38%を越えると液相のネットワークがつながりうることがわかった。

第2章では、第1章でとりあえず使用していた、液相がどのような鉱物組合せの粒界に存在しうるかという「規則」を、二種類の固相を含む系について界面エネルギーを考慮にいたした熱力学の考察から導きだした。部分熔融層内では、化学平衡に加えて、液相の存在形態、分布が固相間及び固相と液相の界面エネルギーに支配される状態=構造平衡が成り立っていると考えられる。このとき、多種固相毎の粒界での液相のぬれ易さは比界面エネルギー (=固相と液相間の界面エネルギー/固相間の界面エネルギー、ただし固相間の界面エネルギーは一様と仮定) で表せる。様々な固相の組合せの粒界 (ここでは多面体固相粒子の頂) における液相の存在の有無、体積および隣合う液相同士のつながり易さを計算すると、第1章で用いた「規則」は多種固相を含む部分熔融系で広く使えることがわかった。すなわち、一般に、取り囲む固相粒子のうち比界面エネルギーの小さなものが多い頂ほど液相は安定かつ多量に存在し、また隣にある液相とつながり易いことがわかった。それゆえ、液相の量が非常に少なく、かつ液相のネットワークが繋がっている時、構造平衡が成り立っている多種の固相を含む部分熔融系の液相のネットワークは、そのほとんどの部分を比界面エネルギーが最も小さい固相 (鉱物粒子) にもみ取り囲まれている可能性がある。MGCPを使うとこのような液相ネットワークは、現実の岩石の近似として適当なケルビン14面体粒子系では比界面エネルギーの最も小さい固相が63vol.%以上含まれた時実現しうるということがわかった。第1章で調べた天然かんらん岩はその例となっている。また、そのときの液相の臨界体積は、これまで一種類の鉱物からなる岩石に対して求められた値 (0.6~3.6vol.%) の0.16倍であることが推定できた。

論文審査の結果の要旨

本研究は、地球の上部マントルに存在する部分溶融層で、少量の液体（マグマ）が集積して火山マグマとなる条件を、パーコレーション理論及びグラフ理論に基づく数値シミュレーションと、界面エネルギーを考慮した熱力学理論により明らかにしたものである。

第1章では、従来のパーコレーション理論を拡張し、粒界の種類によって連結性が変わる多種粒界パーコレーションのモデルを提案して、多種鉱物からなる岩石内での液相の連結性を解析している。その結果、岩石での液相の連結性に関しては、部分溶融の度合いによる臨界点（臨界溶融度）の他に、連結-非連結が鉱物種の体積比によって決まる臨界点（臨界体積比）が存在することを明らかにした。これは液相と鉱物との界面エネルギーが鉱物の種類によって異なることに由来する。次に、実験で得られている種々の鉱物相と液相の界面エネルギーの値を使って数値シミュレーションを行い、種々の鉱物組み合わせについての臨界体積比を計算している。マントル物質と考えられている岩石の鉱物組成は、この臨界体積を越しているので、マントル内では液相の連結が可能であることを明らかにした。

第2章では、液相の形態と界面エネルギーを考慮した熱力学的考察から、液相がどのような鉱物組み合わせの粒界に存在するのが最も安定であるかを求めている。特に、2種の鉱物が2次元に分布している場合について、安定な構造を界面エネルギーの大きさによって分類し、それぞれの組み合わせについての局所的連結性を界面エネルギーの関数として具体的に明らかにした。この結果によれば、液相の量が少ない時には、液相は界面エネルギーの小さな固相の周りに殆んどが存在する。マントルの岩石の場合には界面エネルギーの最も小さいのは最も多量にあるかんらん石であるので、第1章で経験的に仮定した前提は熱力学的に正しいものと言える。この結果に基づいて、第1章で求めた臨界体積比を越している鉱物体積比の岩石について、液相が実際に連結する臨界溶融度を界面エネルギーの関数として計算し、マントルの岩石の部分溶融で何%が融ければマグマの集積が起こるかという火山学にとって重要な問題に答えている。

以上のように、本研究は火山活動及び火山マグマの化学組成の理解のために極めて重要である岩石中の液相の連結性の問題について、従来のモデルより一層厳密で、適用範囲も広いモデルを構築したものであり、火山マグマの集積過程について定量的な新しい知見を与えるものとして価値ある研究と認める。

よって、論文提出者中野 司は、学術博士の学位を得る資格があると認める。