



Viscous segregation in partial-molten region as viewed from Lattice-Gas Cellular Automaton

著者	Nimura Hiroaki
内容記述	Thesis (Ph.D. in Science)--University of Tsukuba, (A), no. 1683, 1997.3.24
発行年	1997
URL	http://hdl.handle.net/2241/6783

氏名(本籍)	新 ^{にい} 村 ^{むら} 裕 ^{ひろ} 昭 ^{あき} (茨城県)		
学位の種類	博士(理学)		
学位記番号	博甲第1,683号		
学位授与年月日	平成9年3月24日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	地球科学研究科		
学位論文題目	Viscous Segregation in Partial-Molten Region as Viewed from Lattice-Gas Cellular Automaton (部分熔融体中のメルトの粘性分離現象に対する Lattice-Gas Cellular Automaton 法による考察)		
主査	筑波大学教授	理学博士	末野重穂
副査	筑波大学助教授	理学博士	小林洋二
副査	筑波大学助教授	理学博士	宮野敬
副査	東京大学助教授	理学博士	栗田敬
副査	筑波大学講師	理学博士	田中博

論文の内容の要旨

本論文は、火山活動の原因とも言える上部マントル部分熔融現象からメルトが集積・上昇してくる過程の解明のために、部分熔融体の複雑な流動様式を粘性構造の進化という観点から解析したものである。解析上、熔融体は粘性の異なる多相流体系の内部構造発展問題として扱い、その動きは多相流体シミュレーション手法を用いて普遍的な応力場の問題について計算し、内部構造の基礎的な進化過程の1つとしての粘性分離現象について検討を行ったものである。

本研究ではシミュレーション手法として、流体運動の表現が簡潔で多相流体問題への応用が比較的容易だと期待される Lattice-Gas Cellular Automaton (LGCA) 法を基礎に、2相の界面条件、粘性差、境界条件を導入することで2相流体問題への応用を試みた。2流体系のシミュレーションで粘性の差が導入された例はまれで、加えて、一様な混合状態から出発した2流体に、境界条件として基礎的である単純ずり応力がかかる平板を与えた研究例は今回が初めてである。そして本研究の計算から、粘性差のある2つの流体が混合した系が単純ずり応力を受けると、時間とともに低粘性の流体がずり応力方向に配置し高い濃集層を形成する可能性があることが、液体の分布形態と速度構造から明らかにされた。集積層は、系の幅のおよそ100倍程度の距離をずり応力方向にひずむあいだに形成されると推定された。また粘性差や応力、不混和度の程度などを変えた計算結果から、これらパラメータが集積層形成に与える影響を明らかにした。このような粘性と応力による内部構造の進化は粘性分離現象と呼ばれ、本研究においてもパイプ中の流れの計算で粘性分離現象の進化が確認されたが、本研究によって1流体系では均質な応力分布である平板間での単純ずり応力中でも粘性分離が進む可能性がはじめて指摘された。その原因として、粘性の異なる複数の流体系では、境界条件が単純ずり応力中でも粘性差のために内部の応力分布に不均質が生じて、構造的不安定を解消する方向へ変化していくためであると考えられる。また同時に、形成される低粘性層の境界の形状から、集積層形成の進行につれて高まる渦状の不安定性が集積を抑制し、層方向に集積程度の不均一性を与える効果が現れる可能性も指摘された。

以上の計算によるシミュレーションの結果から、粘性分離現象が期待される条件範囲を系の流れの規模と粘性

比、界面張力の規模から定性的に推定することが出来た。これから、マントル中の部分熔融体は流れの規模は小さいが、粘性差が極めて高く界面張力が効かない程度のスケールであるために、均質な分布で発生するメルトは粘性分離の影響を受けてずり応力方向に集積する可能性のあることが指摘された。単純ずり応力は部分熔融体をとりにくく変形応力場と考えられるマントル流動やプレート運動においても、最も基本的で応用範囲の広い応力条件である。

結論として、融け残りマントル物質とメルトとの極めて高い粘性差とテクトニックな変形応力による粘性分離現象は、マントル部分熔融体からメルトが集積する問題において有効なプロセスの一つと考えられる。これまでの見解である密度差による浸透流プロセス以外に粘性分離過程の影響を考慮することは、部分熔融体の内部構造進化やメルトの集積問題のみならず、地球内部構造の進化発展問題に対する時間・空間的知見を得るうえで重要である。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、流体シミュレーションを用いて2相流体系の問題に応用することで、これまで考えられていた密度差の効果以外の重要なプロセスとして粘性差の効果を検討したもので、サンプリングによる検証が困難な部分熔融状態にあるマントルからメルトが集積する過程を解明していく上で重要な貢献をした。

特に研究内容の上では、粘性差と変形応力があれば界面張力が効かないときは粘性分離によって低粘性流体がずり応力方向に集積する可能性があること明らかにし、その効果が現れる条件範囲を定性的に推測したこと、その条件範囲により流動規模の大きくないマントル対流中でも極めて高粘性差のための粘性分離プロセスが進行する可能性について指摘したこと、また集積時にはずり応力方向へ集積度の不均質性が現れる可能性も指摘したこと、地球科学における変形・流動の問題だけでなく自然科学全般にとって2相流体系の内部構造進化のプロセスに対して重要な知見をもたらしたことなど多くの特筆すべき点がある。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。