

論文審査の結果の要旨

氏名 山内 初希

本論文は5章からなる。第1章はイントロダクションで、本研究の学術的背景が述べられている。上部マントルのマグマ発生域周辺では、地震学的観測によって明瞭な低速度・高減衰域が捉えられている。一方で、岩石の地球化学的研究からは、これらの領域に存在するメルト量が非常に少ないことが示されている。部分溶融岩石の地震波速度に対するこれまでの理解では、これらの二つの観測事実を整合的に説明することが困難であった。本研究は、このような困難の生じた原因が、これまでの弾性実験がもっぱら超音波帯域で行われてきたため、地震波帯域で重要になる可能性のある岩石非弾性の効果を正しく評価できていないことにあるのではないかと考え、融点近傍にある多結晶体の非弾性を実験的に解明することによってこの問題を解決した研究である。

第2章は本研究で行った実験とその結果について述べられている。岩石のアナログ物質として、2成分共融系をなす有機物多結晶体を用いて、10桁以上の広い周波数帯域における試料の弾性・非弾性・粘性を、共融点以下から共融点を超えるまでの広い温度範囲でほぼ連続的に測定した。その結果、多結晶体の部分溶融がその力学物性に与える影響は、これまで知られていたようなメルトが原因で生じるものに加えて、融点より5~10%低温でメルトの存在しない状態から非弾性の増大と粘性の低下が生じていることを明らかにした。本研究で新たに捉えられたこの融解前の物性変化は、融点で生じるメルト量が非常に少ない試料であっても大きな振幅を持つため、地震波の低速度・高減衰をメルトの存在を仮定することなく説明できる。また、非弾性も粘性も粒界拡散に律速されるものであることから、粒界プレメルティングと呼ばれる粒界の無秩序化が生じて粒界拡散が促進されたことが融解前変化のメカニズムではないかと推測した。

第3章では、第2章の実験結果を定式化し、マントル地震波構造へ応用できる新しい非弾性モデルを提案している。まず、3.1章では、実験から明らかになったスケーリング則に基づき、多結晶体の非弾性を表す緩和スペクトルを2つの無次元量（マックスウェル周波数で規格化された周波数と、ソリダスで規格化された温度）の関数として決定した。次に3.2章では、3.1章で得られた非弾性モデルを、Priestley and McKenzie (2013) によって求めた海洋プレートの地震波速度と温度の関係にフィットし、カンラン岩の無水ソリダス直下で見られる地震波横波速度の急激な低下が、粒界プレメルティング

(と推測される) 効果によって良く説明できることを示している。また、モデルに含まれている弾性、粘性、その温度圧力依存性を表す6つの物性定数をフィッティングパラメータとして決定し、これらがマントル岩の物性データと非常によく一致することからも、本実験で得られた新しい非弾性モデルがマントルに適用可能なものであると結論している。

第4章では、第3章で完成した非弾性モデルを海洋プレートの鉛直構造に適用し、リソスフェア・アセノスフェア境界 (LAB) 付近で観測される地震学的不連続面を粒界プレメルティング効果で説明できるかどうかを、詳細なパラメータスタディによって調べている。その結果、揮発性物質の存在によって岩石ソリダスが低下している場合には、観測される不連続面の深さと厚さが粒界プレメルティング効果によって説明できるが、速度低下量は観測結果よりも有意に小さいことが示され、今後は岩石とアナログ物質の違いなども考慮した非弾性モデルの改良が重要であると結論している。また、地震波低速度のみならず、粘性も含めたアセノスフェアの様々な力学的性質が粒界プレメルティング効果で説明できる可能性があることを指摘し、この現象をさらに研究することの重要性を強調している。

第5章には、2~4章で得られた結論がまとめられている。

以上にまとめた通り、本博士論文は、粒界プレメルティングによる力学物性変化という、固体地球科学ではこれまでほとんど認識されていなかった現象が、上部マントルの地震波構造やダイナミクスに重要な役割を果たしている可能性があることを、実験的研究とその地震学データへの適用を通して初めて実証的に示した研究であり、固体地球科学の進歩に大きく寄与する成果であると高く評価できる。本論文の第2章、第3章は武井康子との共同研究であるが、第2章の実験的研究及び第3章前半の定式化は論文提出者が主体となって行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

従って、博士 (理学) の学位を授与できると認める。