

論文審査結果の要旨

氏名 堀内俊介

本論文は5章からなり、沈み込む海洋地殻の脱水によりスラブ直上のウェッジマントルに発達する蛇紋岩層が島弧の火山活動や沈み込み帯の地殻熱流量及び地震波トモグラフィにより観測されるウェッジマントルの不均質構造に与える影響を、数値シミュレーションに基づき論じている。

第1章はイントロダクションであり、ウェッジマントルの温度分布や流れ場に関する先行研究について議論している。ウェッジマントルでは、沈み込むスラブに引きずられることで流れ場が生じ、この流れ場による熱・物質輸送がウェッジマントルの温度分布や島弧火山の原因となるマグマの生成を支配している。この時、沈み込む海洋地殻中の含水鉱物の脱水によりウェッジマントルに供給される水は、マントル物質の流動特性を変化させることでこの流れ場に重大な影響を与えると期待される。論文提出者は特に、水の供給によりスラブ直上に形成される蛇紋岩層に着目し、この粘性率の低い蛇紋岩層の形成・発達を理解することが、ウェッジマントルの流れ場を理解する上で鍵となるのではないかという問題提起をしている。

第2章では、本論文で用いたウェッジマントルの数値モデルの記載がなされている。スラブに引きずられることで生じる流れ場は、非圧縮高粘性流体の運動として、差分法により離散化された連続の式と運動方程式を直接法により数値的に解くことで計算されている。マントル物質の粘性率は、温度・含水率・蛇紋岩の有無に依存するとしている。また、温度場や海洋地殻から供給される水の分布は熱・物質輸送方程式を数値的に解くことにより計算され、蛇紋岩層やマグマの分布は計算された温度場や水の分布からマントル物質の相図を参照することにより決定されている。特にこの問題設定では、蛇紋岩層の粘性率、水によるマントル物質の粘性率の低下量、ウェッジマントルへの水の供給量を決める海洋地殻の含水率、最上部マントルの平均的な温度という4つの主要なパラメーターが存在する事を指摘している。

第3章では、この4つのパラメーターを様々に変化させて得た数値シミュレーションの結果を記載している。まず、粘性率の低い蛇紋岩層がスラブ直上に発達すると、スラブの引きずりによるウェッジマントル内の流れが弱まり、高温のマントル物質がその先端部へ到達できなくなり、ウェッジマントルの温度が低下し、蛇紋岩の層がさらに発達することを指摘した。特に、蛇紋岩層の粘性率が十分低くなるとこの温度低下のため島弧火山の原因となるマグマが生成できなくなる事、及び温度場や流れの場に振動が生

じることを示した。つぎに、水によるマントル物質の粘性率の低下を考慮すると、ウェッジマントル中の水を含む領域全体の粘性率が下がるため、低粘性の蛇紋岩層の効果と同様にウェッジマントルの温度が下がってしまい、平均的な最上部マントルの温度が十分高くない限り島弧のマグマ生成が押さえられるという結果を得た。さらに、スラブ中の海洋地殻の含水率を変化させた数値シミュレーションを行い、含水率が1〜2wt%を超えないとウェッジマントルでマグマは生成されないという結果を得た。

第4章では、以上の結果と現実の沈み込み帯の代表例としての東北日本との比較を行っている。まず、沈み込む海洋地殻の含水率が1wt%以下では島弧の火山活動を説明できないことを指摘している。その上で、東北日本で観測された(1)火山フロントの海溝軸からの距離、(2)地殻熱流量と海溝からの距離の関係、及び、(3)地震波トモグラフィーにより明らかになったウェッジマントルの構造を説明するためには、蛇紋岩層の粘性率が 10^{20} Pa s以上と比較的高く、沈み込むスラブによるマントルウェッジの引きずり効果が顕著であることが必要という結論を得た。さらに、観測と整合的なモデルで得られた沈み込む海洋地殻の含水率に基づき、現在地球上でマントル深部に流入している水の流量を見積もった。その結果、流入量は地球内部から海嶺火山活動により放出される水の量を超えており、現在地球のマントルの貯水量が時間とともに増加している可能性があることを示唆した。

第5章では、以上の結果が簡単にまとめられている。

本論文は、ウェッジマントルの温度構造から決まるスラブ直上の蛇紋岩層の形成・発達と、蛇紋岩層の発達に大きく依存するウェッジマントルの流れ場や温度構造を初めて総合的に計算したものであり、島弧火山活動やスラブによるマントル深部への水の流入の理解に対して重要な貢献を行ったものとして高く評価できる。

なお、本論文は岩森光との共同研究であるが、論文提出者が主体となって数値解析及び結果の検討を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上の理由により、博士（理学）の学位を授与できると認める。