

氏名 相澤義高
 学位(専攻分野) 博士 (人間・環境学)
 学位記番号 人博第86号
 学位授与の日付 平成12年3月23日
 学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当
 研究科・専攻 人間・環境学研究科人間・環境学専攻
 学位論文題目 Experimental determination of elastic wave velocity in rocks and minerals
 at high pressures and temperatures
 (高温高压下における岩石及び鉱物の弾性波速度の決定)

論文調査委員 (主査) 教授堀智孝 教授玉田攻 教授鎌田浩毅
 教授巽好幸

論文内容の要旨

本論文は、高温高压下における地震波速度測定法を新たに開発し、マントルおよび地殻を構成する岩石・(カンラン岩・花崗岩・角閃岩)について、下部地殻から上部マントルに至る条件を実験室で再現し、そこでのP波速度を高精度で測定したものである。この実験結果を、既に観測されている地震波速度プロファイルと比較し、マントル内の低速度層の成因を定量的に考察している。

地球を構成する岩石・鉱物に対する実験室での地震波速度のデータは、実測される地球内部の地震波速度構造と比較することにより、地球内部の構造や化学組成をより精細に議論する上で重要な束縛条件を提供する。岩石・鉱物について地震波速度を実験的に決定する研究がこれまで精力的に行われてきたのは、このためである。しかし、従来の手法には以下のような問題点がある。すなわち、ダイヤモンド-アンビル装置や多段式-アンビル装置では、マントル遷移帯や下部マントルに相当する圧力下での地震波速度の測定は可能であるが、試料全体に亘って十分な高温を均質に発生できないこと、及び、試料サイズに因る制約から岩石試料のデータが得られないこと、などの難点がある。他方、ピストンシリンダー型高压発生装置では、2 GPa 以下のような比較的低い圧力範囲で900°Cまでの測定は可能であるが、これより高温では試料と接するトランスデューサーの性能が著しく低下し、測定精度が悪くなるという欠点がある。

本論文の第1章は、ピストンシリンダー型圧力発生装置の性能を飛躍的に向上させたいと、これを用いて、圧力1 GPa、温度1185°Cといった高温高压下でのP波速度の高精度測定を目指したものである。装置改良の主要点は、岩石試料とトランスデューサーの間に白金を配置するという設計上の工夫であって、これによって装置の性能が高温においても高い水準に維持される。この装置を試作して、1 GPaのもと、1000°Cに至るまでの温度範囲でカンラン石集合体について、P波速度を決定した。出発物質は、天然カンラン石をホットプレス法で焼結したものであり、上部マントルの模擬物質である。実験から求めたP波速度は、室温から1000°Cに至る温度範囲で、8.5から7.8 km/sへと低下する。このP波速度の温度依存性と、常温常圧下でのP波速度を用いて、地殻内においてP波速度が一定となる地温勾配を7.4°C/kmと決定した。この値とこれまでに推定された上部マントルにおける地温勾配とを用いて、リソスフェアー/アセノスフェアー境界では温度勾配の急変に伴って低速度層が形成されることを明らかにした。

第2章では、主要な地殻構成物質と考えられる花崗岩および角閃岩に前章の手法を適用し、1 GPa 下でソリダスを越える温度、すなわち部分融解が起きる領域まで昇温し、この温度範囲でP波速度を求めた。その結果、花崗岩試料は800°Cのソリダス温度を有し、そのP波速度は850°Cまでは単調に減少するが、それより高温領域では部分融解を起こしているにもかかわらず、P波速度が増加に転じることが分かった。この増加は、石英の α - β 転移に起因すると考えた。他方、角閃岩試料では、ソリダス温度を越えると、P波速度は6.5から5.8 km/sへと急激に低下した。これは、温度上昇に伴って部分融解程

度が急増することを強く示唆している。これまでの地震学的研究から、比較的厚い大陸地殻を擁し、しかも、高い地殻熱流量が観測される地域の約 40 km の深さにおいて、P 波速度が 6 km/s 程度にまで減じる低速度層が見いだされていて、この層の成因は地殻物質の部分融解によるものとの定性的解釈がなされてきた。しかし、本研究で明らかにした 2 つの実験事実、すなわち、石英の転移に伴う P 波速度の上昇と温度・部分融解程度の上昇に伴う P 波速度の低下とを併せて考えると、低速度層の成因に関して次のような定量的解釈が可能となる。すなわち、上記の特徴を有する“低速度層”は、“80% の花崗岩”と“20% の角閃岩”で構成される下部地殻が“温度 900°C”で部分融解することによって、形成されるのである。

論文審査の結果の要旨

地球深部の構造や化学組成に関する情報は、地震や火山の噴火予知に留まらず、太陽系や地球の進化を究明する上で不可欠であって、今日の地球科学研究の中心的課題の一つである。地球表層の探査や掘削によって地球深部の情報の集積と体系化が進んでいるが、試料採取が可能となる深度や範囲に限りがあって、地球内部構造をさらに深部まで、またさらに広範囲に及んで探査するためには、目下のところ、地震波速度構造に基づく推定が唯一の有効な手段である。そして、この手法を一層精密に推し進めるためには、岩石・鉱物を地球深部に匹敵する高温高压条件下に置き、その状態で地震波速度を高精度で決定する必要がある。しかしその重要性にもかかわらず、装置の試作と岩石試料の調製法に実験上の難しさがあって、この測定に取り組んでいる研究者は世界的に見ても多くはない。実験には 2 通りの方法がある。その第 1 は、ダイヤモンド-アンビル装置や多段式-アンビル装置を用いるものである。これは、高压下での地震波速度を比較的容易に測定できるが、試料サイズに制約があって、鉱物の集合体である岩石試料への適用は不可能に近い。第 2 は、ピストンシリンダー型高压発生装置である。これは、比較的低压領域に限れば岩石試料への適用が可能であるが、逆に、この装置には、下部地殻から上部マントルに至る条件に相当する高温域に到達できないという難点がある。本論文は、後者の装置における温度の問題を解決して、高温高压下の P 波速度の決定を行うとともに、その成果を援用して、下部地殻から上部マントルに至る地球深部で観測される低速度層の成因解明に取り組んだものである。研究課題の選択と取り組み方は、極めて適切である。以下に、本研究の特色と評価を記す。

第 1 章は、ピストンシリンダー型高温高压装置の改良である。新しい装置では、トランスデューサーと高温試料との間に白金を配置し、高温時におけるトランスデューサーの性能低下を防ぎ、明瞭な波形を得るための工夫がなされている。これによって、従来法より高温側に 200°C、測定範囲が拡張され、1 GPa で 1185°C までの P 波速度測定が可能になった。また、これと併せて、トモグラフィーを含む地震波データの定量的解釈という新たな道が開かれることが示された。本章の後半は、新しい装置を上部マントルの模擬物質であるカンラン石集合体並びに主要な地殻物質である花崗岩と角閃岩に適用し、高温高压下での P 波速度の精密な値を決定したものである。このデータは、これまでの実験や理論計算データに比べて、精度の上ではるかに良質であり、下部地殻から上部マントルに至る地球内部構造を理解する上で、重要な束縛条件を与えるものとして、高く評価できる。

第 2 章は、前章の結果に基づいて下部地殻および上部マントルに存在する低速度層の成因を議論したものである。部分融解による低速度層の形成というこれまでの定性的な解釈を脱して、本論文では一層定量的に、“低速度層”は“80% の花崗岩”と“20% の角閃岩”で構成される下部地殻が“温度 900°C”で部分融解して形成されるとの解釈を得ている。このように、的確な実験と紛れのない論理をもって、下部地殻の構成物質の種類と混在比およびその温度を考察して明示した点は、特筆すべきである。また、この成果に対して、火山帯直下の地殻内温度構造の推定に基づく火山深部の構造や、上部マントル、特に沈み込み帯の上部マントルにおける温度構造の解明という、新たな進展が期待できる。

以上のように、本論文は高温高压下における地震波速度測定法を新たに開発し、これを用いて、マントルおよび地殻を構成する岩石について、これまで未解決となっていた下部地殻から上部マントルに至る地球深部条件下での P 波速度を高精度で決定し、併せて、低速度層を含む地震波速度プロファイルとの比較を行い、マントル内の低速度層の成因を定量的に考察したものである。その成果の地球環境論的意義は大きく、また、地球科学的視野から自然環境の動態を解明するという自然環境論講座の目的に沿ったものであると判定した。

よって本論文は博士（人間・環境学）の学位論文として十分価値のあるものと認める。また、平成 12 年 1 月 11 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。