

ピストン・シリンダー型高圧実験装置を用いた海洋地殻マントル岩の弾性波速度測定

Measurement of elastic wave velocities for oceanic crust-mantle rocks with a piston-cylinder type high-pressure apparatus

齊藤 哲 [1]; 石川 正弘 [2]; 有馬 眞 [3]; 巽 好幸 [4]

Satoshi SAITO[1]; Masahiro Ishikawa[2]; Makoto Arima[3]; Yoshiyuki Tatsumi[4]

[1] 海洋研究開発機構地球内部変動研究センター; [2] 横浜国大・院・環境情報; [3] 横国大・院・環境情報; [4] IFREE, JAMSTEC

[1] IFREE, JAMSTEC; [2] Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama Nat. Univ.; [3] Geolo. Instit. Yokohama Natl. Univ.; [4] IFREE, JAMSTEC

海洋域におけるマルチチャンネル地震波反射記録から、モホ面での地震波反射が明瞭に観察される地域と不明瞭な地域があることが明らかになり、「モホ遷移帯」の存在が指摘されている(笠原ほか, 2008など)。一方オマーンオフィオライトには、厚さ数mから1000m以上に達する「マントル-地殻遷移帯」が分布し、その産状にはバリエーションがあることが知られている(上杉ほか, 2003など)。このような地震学的データから示唆される「モホ遷移帯」と地質学的に観察される「マントル-地殻遷移帯」との関係性を評価するためには、「マントル-地殻遷移帯」を構成する岩石の高温高圧条件での弾性波速度測定実験を行い、海洋地殻マントル境界部の岩石学的構造モデルを構築する必要がある。しかしながら、低圧条件での実験では試料中の空隙が弾性波速度に影響を与えてしまうため、マイクロクラックのない状態(クラックフリー)での弾性波速度を知るためには、試料の空隙が閉じる程度の高圧条件で実験を行う必要がある。そこで本研究では、横浜国立大学のピストン・シリンダー型高圧発生装置(口径34mm)を用い、海洋地殻下部~上部マントルの温度圧力条件下(0.2~1.0GPa、室温~450)で弾性波速度測定を行うシステムを開発した。

本実験システムでは、デュアルモードのリチウムニオバード振動素子を用い、パルス反射法によりP波・S波速度を同時に測定した。本システムでは、試料とともに実験セル内部に組み込んだタングステンロッドのP波・S波の伝搬時間から、セル内部の封圧をモニターすることができる。予備実験では実験装置の設定圧力(0.2~1.0GPaの範囲で0.05GPa間隔で測定)に対してタングステンロッドのP波・S波の伝搬時間は線形に変化した。

実験試料にはオマーンオフィオライト北西部 Wadi Bani Umar から採集されたハンレイ岩の転石を用いた。本試料は異方性が見られない均質な岩石(粒径2mm以下)で、斜長石(#An=0.77-0.81、58vol.%)、単斜輝石(#Mg=0.76-0.78、23vol.%)、斜方輝石(#Mg=0.72-0.74、8vol.%)、かんらん石(#Mg=0.70-0.71、8vol.%)、蛇紋石(2vol.%)、磁鉄鉱(1vol.%)から構成されている。本実験では、室温で0.2~1.0GPaの範囲で昇圧・減圧し、0.05GPa間隔で測定した。また、減圧時に1.0GPaと0.6GPaにおいて、室温から450まで加熱・冷却し、25間隔で測定を行った。

実験結果から、試料のP波速度とS波速度は温度上昇に対して減少する傾向がみられた。1.0GPa・室温でのP波・S波速度はそれぞれ7.13km/s、3.88km/sであり、室温から450までのP波・S波速度減率はそれぞれ0.0218km/s/100、0.0121km/s/100であった。0.6GPa・室温でのP波・S波速度はそれぞれ7.04km/s、3.85km/sであり、速度減率は1.0GPaとほぼ同様(P波:0.0222km/s/100、S波:0.0116km/s/100)であった。

P波速度・S波速度の圧力に対する関係は、両者とも0.2GPaから0.4GPaまで急激に上昇し、0.4GPa以降は緩やかに線形に上昇した。このことから0.4GPaより低圧では試料中に空隙が存在したものと考えられる。0.2GPaでのP波速度・S波速度はそれぞれ6.51km/sと3.65km/sであったが、高圧での速度変化を0.2GPaに直線回帰させた場合のP波速度・S波速度は6.94km/sと3.82km/sであった。高圧データから直線回帰させて得た速度は試料に空隙が存在しない場合の速度に相当すると考えられ、0.2GPaではP波は0.43km/s、S波は0.17km/sそれぞれ測定値より速い。実験データから弾性定数を求め、圧力による試料の体積変化を検討した。試料の体積は圧力の上昇に対して低圧では急激に減少するが、高圧では緩やかに線形に減少する。室圧での試料の体積は1.802立方cm(測定値)であるが、高圧での体積変化を室圧まで直線回帰した場合、試料の体積は1.798立方cmと見積もられる。このように直線回帰して求めた体積は、空隙の存在しない状態での体積と考えられ、室圧での試料の空隙率は2.49%と見積もることができる。同様に、0.2GPa条件の実験では、試料中に空隙が0.06%存在していたと見積もることができる。

本研究で示したように、試料中の空隙は弾性波速度データに大きな影響を与えてしまう。海洋地殻マントル岩の「クラックフリー」状態での弾性波速度データを得るためには、ピストン・シリンダー型実験装置を用いた実験が有効である。