

オマーンオフィオライト産地殻岩の「空隙フリー」弾性波速度測定：海洋域地震波速度構造の岩石学的解釈にむけて

Measurement of 'pore-space-free' elastic velocities of crustal rocks of the Oman Ophiolite

斉藤 哲^{1*}, 石川 正弘², 有馬 真², 巽 好幸¹

Satoshi SAITO^{1*}, Masahiro Ishikawa², Makoto Arima², Yoshiyuki Tatsumi¹

¹海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域, ²横浜国立大学環境情報研究院

¹IFREE, JAMSTEC, ²EIS, Yokohama National University

海洋地殻-マントルの地震波速度構造に岩石学的解釈を与えるためには、高圧実験により得られる岩石の弾性波速度データが重要な制約となる。Christensen & Swewing (1981, JGR)ではオマーンオフィオライト北部から得られた枕状溶岩、ドレライト、斜長花崗岩、ハンレイ岩、カンラン岩について、海洋地殻-最上部マントルの圧力条件 (0.06-0.43GPa) での弾性波速度データを示し、オマーンオフィオライトの地震波速度構造を検討した。しかしながら、比較的低下での地震波速度測定実験では試料中の空隙が閉じておらず、得られた速度は岩石本来の速度 (空隙が閉じた状態での速度) とは大きく異なることが指摘されている (例えばChristensen 1974, JGR)。そこで本研究では、オマーンオフィオライト産の地殻岩について、比較的広い圧力条件下 (0.2-1.0 GPa) での弾性波速度測定実験を行い、「空隙フリー」状態での弾性波速度を求めた。さらに得られたデータから圧縮率変化を求め、実験試料中の空隙率変化を見積もり、試料中の空隙が $V_p \cdot V_s \cdot V_p/V_s$ ・ポアソン比に与える影響を定量的に検討した。

実験試料にはオマーンオフィオライト北西部Wadi Bani Umarから採集されたカンラン石ハンレイ岩を用いた。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, 63vol.%)、単斜輝石 (#Mg=0.76-0.78, 18vol.%)、斜方輝石 (#Mg=0.72-0.74, 12 vol.%)、カンラン石 (#Mg=0.70-0.71, 4vol.%)、蛇紋石 (2vol.%)、磁鉄鉱 (1vol.%) から構成されている。高圧実験には円柱状のコア試料 (直径14mm、長さ12mm) を使用した。高圧実験では、(1) クラックをほとんど含まない試料 ('uncracked sample')、と (2) 0.5GPaで500°Cまで予備加熱を行いクラックを発達させた試料 ('cracked sample')、の2試料について弾性波速度測定を行った。これらの試料は実験前に120°Cの真空乾燥器で24時間乾燥させた。

'cracked sample'の $V_p \cdot V_s \cdot V_p/V_s$ 比・ポアソン比は'uncracked sample'に比べて低下 (<0.6 GPa)では系統的に低いのに対し、高圧 (>0.6GPa)では'uncracked sample'とほぼ調和的な値を持つ。このことから、低下条件では閉じなかった試料中のクラックが、 $V_p \cdot V_s \cdot V_p/V_s$ 比・ポアソン比を低下させたと考えられる。一方、'uncracked sample'の $V_p \cdot V_s \cdot V_p/V_s$ 比・ポアソン比は、圧力の上昇につれて0.40GPaまで比較的急激に上昇し、0.45GPaより高圧では緩やかに上昇する。'uncracked sample'の圧縮率について圧力変化を検討したところ、圧縮率は0.40GPaまでは圧力の増加とともに急激に減少し、0.45GPaより高圧では緩やかに減少する傾向がみられた。また、0.45GPaより高圧での圧縮率は、試料のモード組成と鉱物化学組成から求めた理論値 (Hacker & Abers, 2004 G-cubed)と調和的であった。このことから、'uncracked sample'では0.40GPaまで圧力の上昇に伴い試料中の空隙が小さくなり、0.45GPaより高圧では空隙がほぼ完全に閉じたと考えられる。この結果をもとに、'uncracked sample'について0.45GPaより高圧で求め

たデータを直線回帰することにより、「空隙フリー」状態での $V_p \cdot V_s \cdot V_p/V_s$ 比・ポアソン比を求めた。これらは圧力 P (GPa) に対して次の式で表される。

$$V_p \text{ (km/s)} = 7.004 + 0.096 \times P,$$

$$V_s \text{ (km/s)} = 3.827 + 0.007 \times P,$$

$$V_p/V_s = 1.830 + 0.021 \times P,$$

$$\text{ポアソン比} = 0.287 + 0.007 \times P.$$

これらの「空隙フリー」状態での $V_p \cdot V_s \cdot V_p/V_s$ 比・ポアソン比と、空隙を含む状態でのデータ（低圧実験でのデータ）を比較し、それぞれの減少率を求めた。さらに圧縮率データの圧力変化から試料の実験中の空隙率を見積もり、空隙率と弾性データ減少率の相関を検討した。その結果、 $V_p \cdot V_s \cdot V_p/V_s$ 比・ポアソン比の減少率が空隙率の増加に対して大きくなる傾向がみられた。例えば'cracked sample'の実験結果からは、空隙率が0.01%の場合、 $V_p \cdot V_s \cdot V_p/V_s$ 比・ポアソン比の減少率はそれぞれ約2%、約1%、約1%、約2%であったのに対し、空隙率が0.02%の場合はそれぞれ約4%、約2%、約2%、約5%という結果となった。

本研究で示したように、比較的低压条件（<約0.6GPa）での実験では試料中に空隙が完全に閉じずに弾性波速度や V_p/V_s 比・ポアソン比に大きな影響を与えてしまう場合がある。海洋地殻岩の「空隙フリー」状態での弾性波速度データを求め、空隙が与える影響について検討するためには、広い圧力条件（0.2-1.0GPa）で弾性波速度測定実験を行う必要がある。

キーワード: オフィオライト, 弾性波速度, 空隙

Keywords: Ophiolite, elastic velocities, pore-spaces