

岩石の水飽和率・間隙構造が弾性波速度に及ぼす影響

Influence of water saturation and pore structure in rocks on elastic wave velocities

*堀川 卓哉¹、梅澤 良介¹、桂 誠¹、中嶋 悟¹*Takuya Horikawa¹, Ryosuke Umezawa¹, Makoto Katsura¹, Satoru Nakashima¹

1. 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻

1. Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University

岩石内を伝播する弾性波の速度 (V_p, V_s), 減衰は透水率や間隙流体の性質に依存することが知られている。複数の流体が岩石内に存在するもっとも単純な系は水/空気であり、水飽和率 (S_w) と V_p, V_s の関係を理解するための様々な研究が行われてきた。既存の研究から、不飽和岩石の V_p が粘弾性効果を持つことは報告されているが、 S_w - V_p 関係を定量的に記述するには至っていない。本研究では、間隙径分布の異なる3種類のベレア砂岩 (間隙率 22.6, 19.1, 11.6 %; 透水率 170, 230, 5 mD; 以下それぞれベレアA, ベレアB, ベレアCと略記) を用い、乾燥によって S_w を減少させながら V_p (100 kHz – 700 kHz), V_s (100 kHz), 歪み変化の測定を行った。

ベレア砂岩の V_p は $0.2 < S_w < 1.0$ において低下→上昇という変化を示し、その変化傾向は周波数依存的であった。岩石の乾燥過程では大きい系の間隙から先に水を失うことが知られており、間隙径分布のデータからある水飽和率におけるメニスカス径を推測できる。乾燥に伴うメニスカス径の変化を考慮し、不飽和岩石に拡張したKatz and Thompsonモデル(Nishiyama and Yokoyama, 2014)から水飽和率と透水率の関係を求めた。得られた透水率を、波動伝播に伴う間隙水の移動で生じる岩石の粘弾性効果を記述する代表的な二つのモデル (Global flowモデルとPatchy saturationモデル) に導入した (Biot, 1956; White, 1975)。その結果、両方の間隙水移動モデルの効果を組み合わせることによって、 S_w - V_p 関係を再現できることが明らかになった。一方、 V_s は $S_w < 0.2$ で急激に上昇し、この変化は歪み測定から明らかになった乾燥収縮と同時に生じていることが分かった。

本研究は、不飽和な岩石における S_w - V_p 関係を解釈する際、間隙水分布の変化が V_p に与える影響を考慮に入れる必要があることを示した。

キーワード：弾性波速度、水飽和率、間隙径分布、砂岩

Keywords: Elastic wave velocities, Water saturation, Pore size distribution, Sandstone