

蛇紋岩の透水率異方性と沈み込み帯での流体移動

Permeability anisotropy of serpentinite and fluid migration in subduction zones

川野 誠矢^{1*}, 片山 郁夫¹, 岡崎 啓史¹

Seiya Kawano^{1*}, Ikuo Katayama¹, Keishi Okazaki¹

¹広島大学理学研究科

¹Hiroshima University

沈み込み帯は火山活動や地震活動を起こす活動的な領域であるとともに、地球内部への唯一の水の供給源であることから、水が沈み込み帯での諸活動に影響を与えていることが考えられる。沈み込む海洋プレートは温度上昇に伴い脱水反応が進行し、水をマントルへ放出する。放出された水はマントルウェッジに達すると、かんらん岩と反応して蛇紋岩を形成することが期待され、そのような蛇紋岩の存在は地震波の低速度異常や高ポアソン比により確認されている (Kamiya and Kobayashi 2000; Brocher et al. 2003)。マントル中を通る流体は、一般的に浮力のため直上に移動すると考えられているが、蛇紋岩ではせん断変形による面構造が著しく発達しているため透水率に異方性が生じ、流体移動が面構造に制約されている可能性がある。本研究では蛇紋岩の透水率異方性を検証する透水実験を行い、沈み込み帯における水循環を議論する。

試料は長崎県三重町の西彼杵変成岩類中に産する片理の発達した蛇紋岩を用いた。蛇紋岩中にはかんらん石などの残存鉱物は確認されず、主にアンチゴライトとマグネタイト、そして少量のアクチノ閃石やスフェーンなどから構成される (西山ほか1989)。実験試料は同一岩石から片理に平行な方向と垂直な方向の2種類を準備した。透水率の測定には、広島大学設置の圧力容器内変形透水試験機を使用し、封圧3-50MPa、間隙圧0.5-8MPa、室温の条件で行った。本実験では間隙圧流体として窒素ガスと水を用いた。窒素ガスの測定では浸透率からクリンケンベルグ効果を用い固有浸透率を計算する。水を用いた測定では窒素ガスの測定と同様に流量を測定する方法を用いたが、封圧約20MPaで流量の測定限界に達するため、高圧側では過渡的パルス法を用いた。得られた結果から両者を比較し、以下の議論に用いる。

両測定とも蛇紋岩の浸透率は封圧の増加に従い低下し、片理に平行な試料では封圧50MPaで約 10^{-20}m^2 に達する。これは同封圧条件での砂岩などの堆積岩に比べ5~6桁ほど低い浸透率になるが、花崗岩などとほぼ同程度の値になる (David et al. 1994)。なお、浸透率の圧力効果は、低圧側では圧力上昇に伴い浸透率が著しく低下を示すのに対し、高圧側では圧力上昇に伴う浸透率低下が弱くなる。これは低圧条件ではクラックの充填が効いているのに対し、高圧条件ではアンチゴライト結晶粒界の圧密が浸透率を律速しているためと考えられる。一方、蛇紋岩の片理に垂直に流体を流した場合では片理に平行に流した場合に比べ系統的に低い浸透率を示し、封圧50MPaでは2桁程度の差が見られた (面構造に平行: 約 10^{-20}m^2 、面構造に垂直: 約 10^{-22}m^2)。この結果は蛇紋岩など面構造が強く発達した岩石では透水率に著しい異方性の効果が存在し、水の移動は浮力のみならず岩石のせん断面 (応力場) に強く制約される可能性を示唆している。蛇紋岩化がみられるプレート境界では、沈み込みによるせん断変形のためプレート境界に平行な面構造が発達していることが期待される。その場合、脱水反応により放出された水は蛇紋岩の面構造に平行なプレート境界方向に選択的に移動することが予想される。

Keywords: serpentinite, permeability, subduction zone, fluid migration