

S波伝搬経路解析が制約する含水ウェッジマンントルの分布とダイナミクス S-wave ray path analysis constrains the distribution and dynamics of the hydrated mantle wedge

永治 方敬^{1*}; ウォリス サイモン¹; ワーカー アンドリュー³; ウーキー ジェームズ²;
ケンダル マイケル²

NAGAYA, Takayoshi^{1*}; WALLIS, Simon¹; WALKER, Andrew³; WOOKEY, James²; KENDALL, Michael²

¹ 名古屋大学 環境学研究科 地球環境科学専攻, ² ブリストル大学 理学部 地球科学科, ³ リーズ大学 環境学部 地球環境学科
¹Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University, ²School of Earth Sciences, University of Bristol, ³School of Earth and Environment, University of Leeds

H₂Oを含む沈み込み流体はプレート収束域におけるダイナミクスと地球表層から深部への物質循環を理解する上で重要である。マンントルウェッジの水に富む流体は主にプレート運動によって沈み込んだアンチゴライト由来である。アンチゴライトは沈み込むスラブの脱水が予想される、比較的暖かい沈み込み帯に分布すると一般的に考えられている。地震波観測はアンチゴライトが多い領域やその含有量を決定するのによく用いられる(アンチゴライト単結晶では、低 V_p = ~ 6.5 – 6.7 km/s, 低 V_s = ~ 3.4 – 3.7 km/s かつ高 V_p/V_s = ~ 1.8 – 1.9)。

しかしながら、アンチゴライトは強い地震波異方性 ($\Delta V_p \leq 46\%$ と $\Delta V_s \leq 66\%$) を示すため、アンチゴライトの地震波速度や V_p/V_s 比が、地震波の伝搬経路によっては非常に高いバラツキを示す可能性がある (V_p = 5.6 – 8.9 km/s, V_s = 2.5 – 5.1 km/s そして V_p/V_s = 1.2 – 3.4)。これは観測した地震波速度の平均値を用いた解析では必ずしも含アンチゴライト蛇紋岩とかんらん石に富む dry マンントルを区別できないことを意味する。そのためアンチゴライト、つまり水の分布と含有量の決定は極めて難しいと考えられる。

本研究では、長い delay time (~ 1 s) を伴う海溝に平行な S 波異方性が観測されている琉球弧をモデル地域とし、観測された地震波経路を用いてウェッジマンントル内で生じることが予想される S 波スプリッティングの理論計算を行った。地震波観測地点に対して前弧側から入射する地震波と背弧側から入射する地震波の双方の S 波スプリッティングの観測結果を説明するためには、ウェッジマンントル内の最深部でスラブに平行に配列するアンチゴライトがその上方のウェッジマンントル中深部では鉛直方向に配列しなければならない、またそれらの領域のアンチゴライトの含有率は 65% 以上であることが明らかになった。地震波伝搬経路と変形したアンチゴライトを含むマンントルの地震波異方性を考慮した、この解析方法はアンチゴライトの分布、含有率、そして配列方向を制約することができる。琉球弧におけるアンチゴライトの配列方向の変化は、10¹⁹ Pa s 以下の長期体積粘性率の含水前弧マンントルにおける対流の存在が考えられる。

他地域の S 波スプリッティングの観測結果を解析した結果、琉球弧の例と同様ウェッジマンントル内に、長い delay time を伴う海溝に平行な S 波異方性が、スラブの年代に関係なく、冷たい沈み込み帯からも観測されていることが明らかになった (e.g. 伊豆-ボニンとトンガ-カーマディック沈み込み帯)。この結果は、スラブの脱水に関係した、大規模な蛇紋岩化と含水マンントル流動がこれまでの想定より広く起こっている可能性を示唆しており、冷たい沈み込み帯の前弧マンントルは dry であるという一般に受け入れられている認識を見直す必要があるかもしれない。

しかしながら、ウェッジマンントル内での delay time が短い沈み込み帯もまたウェッジマンントルの温度構造に関係なく報告されている。強い S 波スプリッティングを示さない、いくつかの沈み込み帯とその温度構造の不整合には、ウェッジマンントル底部の含水層の構造浸食と関係があるかもしれない。もう一つの要因としてはスラブの沈み込み角度が関係しているかもしれない。長い delay time を伴う沈み込み帯では比較的、高角の沈み込み角度 (~ 40 – 60°) を持っており (琉球, アリューシャン, 伊豆-ボニンそしてトンガ-カーマディック沈み込み帯)、低角の沈み込み角度を持つ沈み込み帯では、強い S 波異方性は観測されていない。高角の沈み込み帯は、対流に必要なウェッジマンントル内でのスラブに平行な面構造とほぼ鉛直な面構造の両領域を発達させる空間を提供している、重要な幾何学的形状かもしれない。

キーワード: S 波スプリッティング, アンチゴライト, 含水ウェッジマンントル, 地震波異方性, 地震波伝播経路, マンントル対流
Keywords: Shear waves splitting, Antigorite, Hydrated mantle wedge, Seismic anisotropy, Seismic ray path, Mantle convection