

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)	氏名	畠山 航平
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 ①・② 項該当		
論文題目			
<p>Seismic velocity structure of oceanic lithosphere based on elastic wave velocity measurements of core samples collected from the Oman ophiolite</p> <p>(オマーンオフィオライト掘削試料の弾性波速度測定に基づく海洋リソスフェアの地震波速度構造)</p>			
論文審査担当者			
主 査	教 授	片山 郁夫	
審査委員	教 授	安東 淳一	
審査委員	教 授	井上 徹	
審査委員	教 授	柴田 知之	
審査委員	教 授	須田 直樹	
審査委員	教 授	藪田 ひかる	
審査委員	教 授	金子 慶之 (明星大学)	
〔論文審査の要旨〕			
<p>海洋底地震波速度構造は、海洋リソスフェアの内部構造を明らかにするために重要な情報であり、マントル掘削によるこれらの物質科学的検証が期待されている。近年、マントル掘削に向けた掘削計画の一つであるオマーンオフィオライト陸上掘削が行われ、オフィオライト層序における各岩層の掘削試料が採取された。オフィオライトはかつての海洋リソスフェアの断片と解釈され、これらの弾性波速度は海洋底地震波速度構造の理解において重要である。そして、掘削船“ちきゅう”船内で行われたコア記載において、1000 試料以上の P 波速度測定によって、深さ方向における連続データが採取された。しかしながら、弾性波速度は空隙の閉鎖に起因する圧力依存性を示すため、海洋リソスフェアの速度構造を理解するためには、深さに相当する圧力条件での弾性波速度測定が必要である。そこで、本研究ではオマーンオフィオライト陸上掘削試料の弾性波速度に基づくオフィオライト層序の速度構造を構築することを目的として、弾性波速度に対する空隙と鉱物組み合わせの効果を調べるために以下の実験を行った。</p> <p>海洋プレートの地震波速度構造は、深さとともに連続的に変化する。海洋地殻下部における速度勾配の要因として、圧力増加による空隙の閉鎖と鉱物組み合わせの効果が指摘されており、両者を総合的に検証する必要がある。そこで、本研究では、海洋地殻下部に相当するオマーンオフィオライト掘削試料の弾性波速度を封圧下で無水および含水条件で測定し、空隙の効果を調べた。また、薄片観察によるモード解析を行い、Voigt-Reuss-Hill 平均から鉱物組み合わせによる速度への影響を検証した。実験試料にはシート状岩脈群—はんれい岩境界、層状はんれい岩体、地殻—マントル境界から採取された輝緑岩とはんれい岩を使用し、パルス透過法から P 波と S 波速度を測定した。実験は広島大学設置の容器内変形透水試験機を用いて、無水条件で弾性波速度を測定した後、シリンジポンプで間隙</p>			

水圧を制御した含水条件の測定を連続的に行った。封圧はどちらの条件においても 200 MPa まで加圧した。実験結果から、弾性波速度は封圧とともに増加する傾向を示した。含水条件下における輝緑岩の P 波速度は無水条件よりも増加するが、S 波速度はほとんど変化しなかった。このことは空隙が水で満たされることによる弾性定数の変化に起因する。一方で、はんれい岩は、弾性波速度の圧力と間隙水の効果が小さく、モード組成から計算される速度と高圧条件下での実験結果が、一致する傾向にある。このことから、はんれい岩の速度は鉱物組み合わせを反映している。空隙の閉鎖を評価するために、実験結果と理論モデルとの比較から海洋地殻下部に相当する圧力条件で閉鎖するクラックの数（クラック密度）を計算した。その結果、海洋地殻下部における圧力条件では、クラック密度の変化は小さく、含水条件において固相の速度との違いは、極めて小さいことが明らかとなった。このことから、海洋地殻下部の速度勾配において、空隙閉鎖の効果は小さく、鉱物組み合わせの効果は優位であると予想される。

掘削船“ちきゅう”船内での P 波速度測定では、直交する 3 方向 (X, Y, Z 方向) の速度を測定しており、マントルセクションから掘削された蛇紋岩化かんらん岩は、系統的に Z 方向のみ遅い速度を示した。弾性波速度の異方性は、結晶またはクラックの選択配向によって生じることから、この異方性はマントル流動またはオフィオライト上昇過程における差応力条件についての情報が記録されていると考えられる。しかしながら、大気圧下における測定では、クラックと結晶の影響が混在しているため、クラックを閉鎖させた高圧条件下での異方性を調べる必要がある。そこで本実験では、高圧条件下の異方性を測定するために容器内変形透水試験機の改良を行い、直交する 2 方向 (Y, Z 方向) に伝播する弾性波速度を測定することに成功した。実験試料には地殻マントル境界とマントルセクションから採取されたダナイトとハルツバージャイトを使用した。実験条件は実験 1 と同様に封圧 200 MPa までの無水および含水条件の連続測定を行った。実験結果から、Z 方向の速度は Y 方向の速度よりも遅い傾向を示し、異方性は封圧が増加してもほとんど変化しなかった。また、間隙水の効果もほとんど見られなかった。したがって、異方性の要因は結晶の選択配向であることが判明した。船上データおよび本実験結果から、直交する 3 方向において 1 方向のみ遅い速度を示す傾向は、リザーダイトの結晶学的性質と整合的であり、コア試料の Z 方向にリザーダイトの c 軸が配向していることが示唆される。

本実験に基づいたオフィオライト層序の速度構造を推定した結果、オマーンオフィオライトの露頭から広域的に採取された試料の実験結果と一致した。このことは局所的に採取された掘削試料でも、広域的な地質を代表していることを示している。また、海洋地殻下部の地震波速度は、本実験試料の鉱物組み合わせから計算される固相の速度に限りなく近い値を示す。海洋地殻下部の地震波速度と電気伝導度の観測を説明するためには、アスペクト比が非常に小さいクラックがわずかに存在し、それらが連結していることが予想される。以上のように、実験室での物質科学的な研究と地球物理観測の結果を照合することで、海洋リソスフェアの内部構造の理解が飛躍的に進んだといえる。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（理学）の学位を授与される十分な資格があるものと認める。

公表論文

- [Hatakeyama, K.](#), and Katayama, I. 2020. Pore fluid effects on elastic wave velocities of serpentinite and implications for estimates of serpentinization in oceanic lithosphere. *Tectonophysics*, 775, doi.org/10.1016/j.tecto.2019.228309.
- [Hatakeyama, K.](#), Katayama, I., Hirauchi, K. and Michibayashi, K. 2017. Mantle hydration along outer-rise faults inferred from serpentinite permeability. *Scientific Reports*, 7, doi:10.1038/s41598-017-14309.

参考論文

- Akamatsu Y., [Hatakeyama K.](#) and Katayama, I. 2019. Contrasting dilatant behaviors of mafic and ultramafic rocks based on triaxial deformation experiments. *Journal of Mineralogical and Petrological Science*, 114, 79–86, doi.org/10.2465/jmps.181120