

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 8 月 30 日現在

機関番号：16301
 研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2011～2012
 課題番号：23740339
 研究課題名（和文）
 地球のマントル遷移層物質の高温高压下における弾性特性の決定
 研究課題名（英文）
 Constrain on elastic properties at high P and T of the minerals of the Earth's MTZ
 研究代表者
 GREAUX Steeve
 愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究センター・グローバル COE 助教
 研究者番号：90543166

研究成果の概要（和文）：マントル遷移層鉱物の P 波、S 波速度を地球深部マントルに対応する温度・圧力条件下でその場観察と組み合わせた超音波法を用いて調べた。実験結果と観測結果を比較することにより、地球深部構造に対して新しい見地を与えた。実験の結果によると、ガーネットの化学組成のバリエーションによって低速度層を説明することは困難であることがわかった。このことは、ガーネットの複数の遷移が深さ 660 km 付近の地震波のスプリッティングを引き起こしていると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The P- and S-wave velocities of mantle transition zone minerals were investigated by ultrasonic interferometry *in situ* at simultaneous high pressure and high temperature relevant to the Earth's deep mantle. The direct comparison of our laboratory experiments with seismic observations gives an original insight into the structure of the Earth's deep mantle. Our results showed that chemical variation in garnet can hardly explain low velocity regions, which suggest that multiple phase transformation and/or transition could be responsible for splitting of seismic waves near the 660 km depth discontinuity.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：内部構造

1. 研究開始当初の背景
 マントル遷移層は主要な 410、660km の不連続面の間に位置している。理論上は、妥当な

化学組成を用いたマントル遷移層の鉱物に基づくと、地震学的一次元モデルとして地震学的データを計算できる。しかしながら、鉱

物の弾性定数とそれらの温度、圧力、化学組成の依存はマントル遷移層における条件下での測定はほとんど行われていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は高温高压化におけるマントル鉱物の化学組成による弾性定数の依存を明らかにすることである。本研究は鉱物データとマントルの 410~660km の間の地震学的観測の説明に決着がつくと予測される。

3. 研究の方法

本研究は、高温高压下で測定が可能なその場X線観察と組み合わせた川井型マルチアンビル装置を用いて直接音速を測定する。

4. 研究成果

私たちはマントル遷移層の鉱物であるアキモトアイト、メージャライト、アルマンディン、グロッシュラー、パイロープ、アルミが入ったスティショバイト、CaSiO₃ ペロブスカイトの音速をその場X線観察と組み合わせたマルチアンビル装置を用いて超音波法によって求めた(Fig.1, Fig.2)。

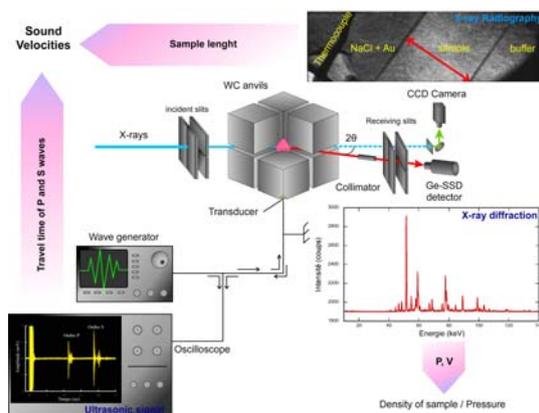


Figure 1. Experimental set up for ultrasonic and density measurement *in situ* at high P and T.

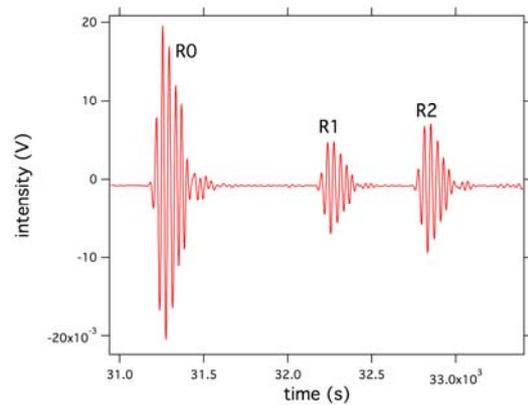


Figure 2. Example of acoustic waveform collected at high P and T. R0: anvil reflection; R1: buffer rod reflection; R2: sample reflection. 2-way travel time of sample = R2-R1.

P波 S波とそれらの温度・圧力依存はマントル遷移層最下部まで求めた。これらのデータをもちいることによって高温高压における速度を計算することが可能である。V_pとV_sの横軸を圧力にとった図を示す。アルマンディンの速度は他の我々が2011年に研究した立方晶ざくろ石と比較することが可能である。アルミスティショバイトの速度が一番早い、正方晶メージャライトが一番遅い。立方晶ざくろ石は中間的速度であり、そして天然ざくろ石の速度は化学組成だけでは説明することが出来ない。マントルのざくろ石にみられる低速度はCa、Mg、Fe成分に関わらず圧力の増加とともにSiに富んだメージャライトによる正方晶歪によるものだと考えられる。しかし、最近のCaSiO₃ペロブスカイトの結果は正方晶構造より立方晶構造の方が早いことが分かったので、マントル遷移層最下部でのCaの離溶はマントル遷移層で観測可能な地震学的観測が可能であると予測される。この問題を解決するために、メージャライト-パイロープ、メージャライト-グロッシュ

シュラー、メジャーライト - アルマンディン系固溶体のサンプルが必要である (Fig.3)。

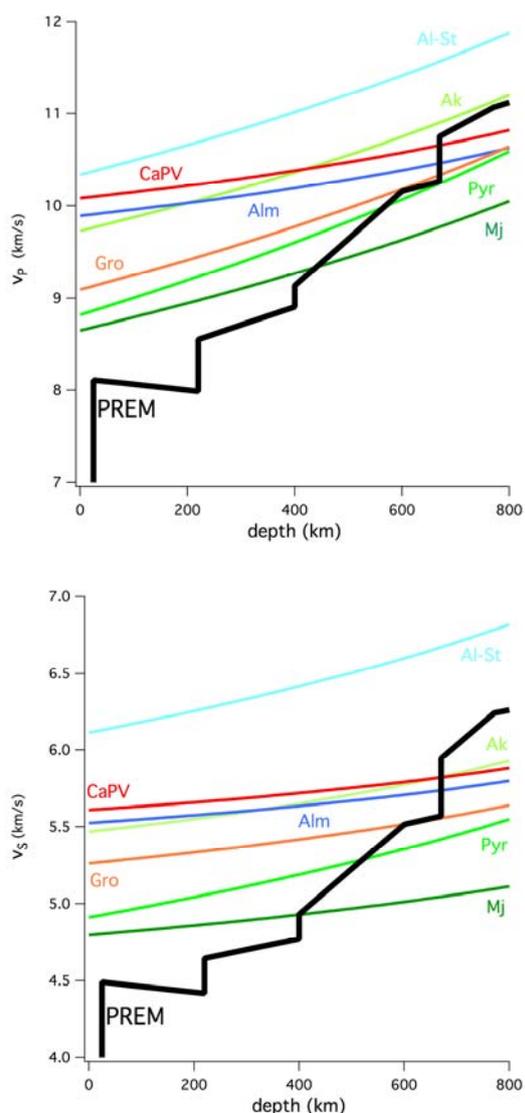


Figure 3. V_P and V_S of this study compared to PREM model. Al-St: Al-bearing stishovite; CaPV: CaSiO_3 perovskite; Ak: MgSiO_3 akimotoite; Alm: Almandine garnet; Gro: Grossular garnet; Pyr: Pyrope garnet; Mj: MgSiO_3 majorite garnet.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

- (1) Zhou C., Gréaux S., Nishiyama N., Irifune T. and Higo Y. Sound velocities and elastic properties of MgSiO_3 akimotoite to high pressures. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* (2013) Accepted.
- (2) Zou Y., Gréaux S., Irifune T., Whitaker M.L., Shinmei T. and Higo Y. P-V-T equation of state of pyrope garnet. *Physics and Chemistry of Minerals* (2012) 39(7), p.589-598
- (3) Zou Y., Gréaux S., Shinmei T., Ohfuji H., Negishi R., Nishiyama N., Irifune T. Whitaker M.L. and Higo Y. Elastic wave velocities of polycrystalline $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ pyrope garnet up to 20 GPa and 1700 K. *Journal of Applied Physics* (2012) vol. 112(1), 014910.
- (4) P-V-T equation of state of $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ grossular garnet. Gréaux S., Kono Y., Nishiyama N., Kunimoto T., Wada K. and Irifune T. *Physics and Chemistry of Minerals* (2011) vol. 38(2), p.85-94.
- (5) Phase Transformations of $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ Grossular Garnet to the Depths of the Earth's mantle transition zone. Gréaux S., Nishiyama N., Kono Y., Gautron L., Ohfuji H., Kunimoto T., Menguy N. and Irifune T. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* (2011) vol. 185, p.89-99.

[学会発表] (計 7 件)

- (1) Elastic wave velocities of CaSiO_3 perovskite up to 23 GPa and 1700 K. Gréaux S., Yamada A., Zhou C., Arimoto T., Higo Y. and Irifune T. Asia Oceania Geosciences Society Meeting, Brisbane (Australia). 2013 年 6 月 24 日.
- (2) Sound velocities of CaSiO_3 perovskite. Gréaux S., Yamada A., Zhou C., Arimoto T., Higo Y. and Irifune T. Japan Geoscience Union Meeting, Makuhari, Chiba (Japan). 2013 年 5 月 19 日.
- (3) Sound velocities measurement on MgSiO_3 akimotoite and majorite at high pressures and high temperatures with simultaneous in situ X-ray diffraction and ultrasonic study. Zhou C., Gréaux S., Nishiyama N., Irifune T. and Higo Y. 3rd Global-COE/TANDEM international symposium, Matsuyama (Japan). 2013 年 3 月 4 日.
- (4) Ultrasonic measurements of the sound velocities in polycrystalline pyrope garnet at high pressure and high temperature. Zou Y., Irifune T., Gréaux S., Whitaker M.L., Ohfuji H., Shinmei T. and Higo Y. Asia Oceania Geosciences Society Meeting, Sentosa (Singapore). 2012 年 8 月 16 日.
- (5) Pressure and Temperature dependences of sound velocities of $(\text{K,Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8$: implications for subducted continental crust. Gréaux S., Yamada A., Zou Y., Zhou C. and Irifune T. Asia Oceania Geosciences Society Meeting, Sentosa (Singapore). 2012 年 8 月 16 日.
- (6) Elastic wave velocities of Al-bearing stishovite at high P and T. Gréaux S., Wang Y., Kono Y., Jing Z., Yamada A., Zou Y. and Irifune T. Japan Geoscience Union Meeting, Makuhari, Chiba (Japan). 2012 年 5 月 21 日.
- (7) High pressure synthesis of transparent pyrope garnet and its sound velocity measurements. Zou Y., Irifune T., Gréaux S., Whitaker M.L., Shinmei T., Nishiyama N. and Higo Y. 52nd High Pressure Conference of Japan, Okinawa (Japan). 2011 年 11 月 13 日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

GREAUX Steeve

愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究センター・GCOE 助教

研究者番号 : 90543166