

会場:104

時間:5月23日14:15-14:30

反大陸のマントル最下部への集積とD"層の形成 Accumulation of anti-continent at the base of the mantle and formation of the D" layer

巽 好幸¹*, 鈴木 敏弘¹, 小澤 春香¹, 廣瀬 敬², 羽生 毅¹, 大石 泰生³ Yoshiyuki Tatsumi¹*, Toshihiro Suzuki¹, Haruka Ozawa¹, Kei Hirose², Takeshi Hanyu¹, Yasuo Ohishi³

¹ 海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域,² 東京工業大学,³ 高輝度光科学研究センター ¹IFREE, JAMSTEC, ²Tokyo Institute of Technology, ³JASRI

The continental crust is a unique reservoir of light elements in the solid Earth; it possesses an intermediate composition and is believed to have been created principally along volcanic arcs, which are major sites of terrestrial andesitic magmatism. Mantlederived arc magmas are, however, generally mafic or basaltic. A simple mechanism to overcome this apparent dilemma and generate andesitic melts in such a setting is through the partial remelting of an initial mafic arc crust by heat supplied from underplating basaltic magmas. An antithesis to the formation of continental crust in this way should be the production of refractory melting residue, here referred to as 'anti-continent'. This anti-continent is likely to detach from arc crust as a result of a density inversion and descend into the upper mantle. High-pressure experiments of two end-member anti-continent compositions with and without olivine cumulates demonstrate that sinking anti-continent is, in contrast to the subducting oceanic crust, always denser than the surrounding mantle, suggesting that it penetrates through the upper-lower mantle boundary, without stagnation, and accumulates at the base of the mantle to form a 200-400 km thick mass known as the D" layer. Geochemical modeling provides further evidence that this accumulating anti-continent contributes to a deep-seated hotspot source. Therefore, through complementary processes, Earth creates buoyant continents and dense anti-continents at the top and the base of the mantle, respectively, and has recycled portions of anti-continent in mantle plumes.

キーワード: 反大陸, D"層, リサイクル Keywords: anti-continent, D" layer, recycle



会場:104

時間:5月23日14:30-14:45

スピン転移にともなう鉄の物性変化 Changes in physical properties of iron on high spin-low spin transition

小野 重明^{1*} Shigeaki Ono^{1*}

1 独立行政法人海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

The properties of the major constituents of the Earth's inner core, i.e., iron and its alloys, have long been of great interest to geophysicists. Therefore, pure Fe under high pressure has been investigated by numerous theoretical and experimental studies. Under high pressure, the body-centered cubic (bcc) structure transforms into the hexagonal close-packed (hcp) structure, and this structure seems to be stable over a wide range of pressures and temperatures approaching those existing in the inner core. The magnetic state of iron has a major influence on the physical properties of iron and its alloys, including the relative stability of iron polymorphs. Although the magnetic structure of hcp-Fe has been investigated for over three decades, contradictory results from experimental and theoretical studies have been reported. We made use of a high-pressure diamond anvil cell apparatus and first-principles calculations using density functional theory, to investigate the physical properties of hcp-Fe at high pressures and high temperatures.

First-principles simulations were performed using the projector augmented wave implementation of the density functional theory using the Vienna ab initio simulation software package. For the Brillouin zone sampling at 0 K calculations, we used a large number of k-point grids, which provided the convergence of the total energy to within 1 meV/atom. We also used supercells, gamma-point for the Brillouin zone sampling, a time step of 1 fs for the first-principles morecular dynamics simulations at high temperatures. High-pressure X-ray diffraction experiments were performed using a laser-heated diamond anvil cell. The samples were heated with a laser to overcome any potential kinetic effects on the possible phase transitions. The heated samples were probed using an angle-dispersive X-ray diffraction technique at the synchrotron beam lines. The angle-dispersive X-ray diffraction patterns were obtained on an imaging plate. The pressure was estimated from the observed unit cell volume of NaCl that was used as the pressure-transmitting medium, using the equation of state for B2-NaCl [1].

In high-pressure experiments, no structural phase transition in hcp-Fe was observed up to a maximum pressure of 110 GPa. An interesting variation in the ratio of the cell parameters (c/a) of hcp-Fe as a function of pressure was observed. As the pressure increased up to approximately 50 GPa, the c/a ratio decreased from 1.61 to 1.60. At pressures greater than 50 GPa, the ratio was approximately constant. According to our first-principles calculations, the magnetic moment of iron and the c/a ratio decrease up to approximately 55 GPa, and then the calculated c/a ratio increases slightly with increasing pressure. These calculated results were in good agreement with experimental observations. This indicated that the transition pressure of high spin-low spin state is approximately 50 GPa. As the spin state of iron could be estimated accurately using our calculations, we also calculated elastic properties of different spin states. For example, our calculations predict that the bulk modulus of the high spin state is 10% less than that of the low spin state [2]. Such change in elastic property should be considered to investigate the dynamic of the inner core.

[1] Ono et al. (2006) Structural property of CsCl-type sodium chloride under pressure. Solid State Communications, 137, 517-521.

[2] Ono et al. (2010) High-pressure magnetic transition in hcp-Fe. American Mineralogist, 95, 880-883.

キーワード:鉄,スピン転移,内核,高圧実験,第一原理計算

Keywords: Iron, Spin transition, Inner core, High pressure experiments, First-principles calculations



会場:104

時間:5月23日14:45-15:00

酸化・還元環境下における C-Mg-Fe-Si-O 系の相平衡関係:惑星内部への応用 Phase relation of C-Mg-Fe-Si-O system under various oxygen fugacity conditions: Implication for planetary interior

高橋 豪^{1*}, 大谷 栄治¹, 寺崎 英紀¹, 伊藤 嘉紀¹, 舟越 賢一², 肥後 祐司² Suguru Takahashi^{1*}, Eiji Ohtani¹, Hidenori Terasaki¹, Yoshinori Ito¹, Ken-ichi Funakoshi², Yuji Higo²

¹ 東北大学大学院理学研究科地学専攻, ²(財) 高輝度光科学研究センター ¹Graduate School of Science, Tohoku Univ., ²JASRI

Many exoplanets have been found recently based on the spectroscopic observation. A carbon-rich circumstellar gas was reported to exist around "beta-Pictoris", which has an exoplanet (Roberge et al., 2006). In such gas, carbon-enriched planet, "carbon-planet" may be formed. Carbon-bearing phase, such as carbide, carbonate, graphite and diamond are likely to compose the carbon-planet interior. Therefore, it is important to investigate phase relations of carbon-rich systems under high pressure conditions. In this study, C-enriched Mg-Si-Fe-O-C system was investigated at high pressure and temperature in order to understand the internal structure of the carbon-planet.

Phase relations were studied based on 2 series of experiments; (I)textural observation and chemical analysis of the recovered sample from 4 GPa and 1873K and (II)in situ X-ray diffraction experiments under high pressure and temperature. For the starting materials, we used several different oxide/metal components, as shown below: (i) MgCO3 + Fe + Si + C, (ii) (Mg1.8,Fe0.2)SiO4 + Fe + SiO2 + C, (iii) (Mg1.8,Fe0.2)SiO4 + Fe + Si + C, (iv) MgO + Fe + SiO2 + C, (v) MgO + Fe + Si + C. Oxygen fugacity (fO2) of the sample vaies depending on these assembleges due to different O amount in the starting materials. The sample was enclosed in graphite or MgO capsule. MgO capsule enables us to estimate fO2 in the sample based on the FeO content of the capsule contacting with the samples. Chemical analyses of the recovered samples were performed using an electron microprobe. In situ X-ray diffraction experiments were conducted at 4 and 15 GPa, and up to 1873 K at BL04B1 beamline, SPring-8 synchrotron facility.

Observed mineral/metal assemblages and their compositions vary depending on the redox condition of the sample. The compositions of metallic melt phases changes from Fe-C composition ($C = 6.9^{\circ}8.2 \text{ wt.\%}$) in oxidizing conditions (deltaIW = -2.4 ~ -1.7) to Fe-Si composition (Si = 18 wt.%) in the more reducing condition (deltaIW < -4.8). SiC grains were also found in the most reducing condition. The solubility of C into the Fe-melt phase increases with fO2, whereas the solubility of Si decreases with increasing fO2. Based on in situ X-ray diffraction experiments at 4 GPa, Fe3C was formed at 1073 K in the all samples. Fe3C peak disappeared and FeSi and SiC peaks appeared at 1373 K in the most reducing sample (v), whereas Fe3C remained in the other samples. Metallic phases in all samples were melted at 1673 K. In the experiment at 15 GPa, FeSi was formed at 1573 K and SiC was also observed at 1673 K in the sample (v). This is indicated that FeSi is stable at high pressure and reducing condition despite carbon-saturated condition. No carbonates was observed under the present experimental conditions. Therefore, carbon-bearing phases correspond to graphite/diamond, SiC and Fe-C alloy or Fe-Si-C alloy in the present redox conditions at 4~15 GPa. The present results may suggest that these carbon?bearing phases consist of carbon-planets interiors. Keywords: Carbon-planet, Carbide, Silicon carbide, Oxygen fugacity



会場:104

時間:5月23日15:00-15:15

広帯域波形を用いた波形インバージョンによるインド下最下部マントル構造 Waveform inversion of broadband body wave data for the S-velocity structure in the lowermost mantle beneath India

小西 健介^{1*}, 河合 研志², ゲラー ロバート¹, 冨士 延章³ Kensuke Konishi^{1*}, Kenji Kawai², Robert J. Geller¹, Nobuaki Fuji³

 1 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻, 2 東京工業大学地球惑星科学専攻, 3 トゥールーズ大学 UPS-OMP; IRAP, 4 トゥールーズ大学 CNRS IRAP

¹EPS, University Tokyo, ²EPS, Tokyo Institute of Technology, ³Universite de Toulouse; UPS-OMP; IRAP;, ⁴CNRS; IRAP; 14, Avenue Edouard Belin, F-

We conduct waveform inversion for the radial shear velocity structure of the lowermost mantle beneath India using transverse component body wave waveform data obtained from the ORPHEUS and IRIS arrays in the passband 8?200 s for earthquakes that occurred in 1995-2006 beneath Southeast Asia with epicentral distances of 60?95 degrees. As we use higher frequency data than most previous waveform inversion studies, we make several improvements in the techniques. We introduce a new method for data correction. We also conducted tests to confirm the robustness of the results for several different starting models, and varying other conditions as well. The average S velocity of this region is almost the same as PREM, but we find that the velocity is faster than PREM between 2500?2750 km and slower than PREM between 2750 km? CMB. This suggests that the pv to ppv phase transition occurs in this region. Following Kawai & Tsuchiya (2009), if we assume the composition of D" is pyrolitic, the thickness of the thermal boundary layer in this region is about 250?300 km.

キーワード: インド下, 波形インバージョン, 最下部マントル, D" Keywords: waveform inversion, lowermost mantle, D", beneath India



会場:104

時間:5月23日15:15-15:30

地磁気ジャークから推定される最下部マントルの電気伝導度不均質 Lateral heterogeneity of the electrical conductivity in the lowermost mantle inferred from geomagnetic jerks

浜野 洋三¹*, 櫻庭 中² Yozo Hamano¹*, Ataru Sakuraba²

¹海洋研究開発機構,²東京大学大学院理学系研究科 ¹IFREE, JAMSTEC, ²Univ. of Tokyo

Geomagnetic jerks are abrupt changes in the linear trend of the geomagnetic secular variation, and are the surface observable shortest-period components of the geomagnetic field variation of core origin. Hence, the jerks have been studied by many authors to infer dynamics of the core and the electrical conductivity of the lower mantle in the last few decades. Geomagnetic jerks are traditionally studied using time series of the magnetic field recorded in geomagnetic observatories. The uneven distribution of the observatory network precludes the investigation of global distribution of the geomagnetic jerks, and internal origin of the jerks have been questioned by a number of authors. Recently, as a result of continuous satellite measurements since 1999, the magnetic fields and their variations can now be described with high resolution in space and time, and the internal origin of most of the known jerks and their global nature are now firmly established. Since jerks are generated in the core, they will pass through the electrically conducting mantle, before arriving at the surface. Consequently, the geomagnetic field observed at the surface will correspond to a filtered version of the original field generated in the core. Even an 1D electrical conductivity distribution in the mantle exerts screening effects such as delaying and smoothing of signals on the surface observed geomagnetic field. Moreover, a laterally heterogeneous electrical conductivity structure causes more dramatic changes in time and space on the magnetic fields come through the heterogeneous layer. Recent discovery of the postperovskite phase change at the lowermost mantle, and the measurements of the electrical conductivity in the high P and high T condition expected at the bottom of the mantle, predict very high and heterogeneous electrical conductivity structure in the lowermost mantle adjacent to the core surface. Observation of the geomagnetic jerks at the Earths surface may reveal this possible electrical conductivity heterogeneity in the lowermost mantle. For that purpose, however, we need to estimate the source field in the core.

In the present study, filtering effects of an electrically heterogeneous layer in the lowermost mantle on the short-period variations of the geomagnetic field of core origin are examined by using a newly formulated induction equations in a 3D heterogeneous mantle (Hamano, 2002). As the source field at the core surface, we use the temporal variations of toroidal and poloidal magnetic fields obtained by the high-resolution MHD dynamo models (Sakuraba and Roberts, 2009), in which high frequency variations of magnetic fields such as torsional oscillations are clearly reproduced. Results of the numerical calculation indicate that the heterogeneous layer in the lowermost mantle cause very complicated spatial variations of the surface geomagnetic field reflecting the pattern of the electrical conductivity heterogeneity in the lowermost mantle.

キーワード: 地磁気ジャーク, 地球磁場, 地球ダイナモ, 電気伝導度分布, 最下部マントル

Keywords: geomagnetic jerks, geomagnetic field, geodynamo, electrical conductivity structure, lowermost mantle



会場:104

時間:5月23日15:30-15:45

太平洋 LLSVP の西縁におけるシャープな水平方向 S 波速度境界 A sharp lateral gradient of shear-wave velocity at the western edge of the Pacific LLSVP

出原 光暉^{1*}, 田中 聡², 竹内 希¹ Koki Idehara^{1*}, Satoru Tanaka², Nozomu Takeuchi¹

¹ 東京大学地震研究所, ²JAMSTEC, IFREE ¹ERI, University of Tokyo, ²IFREE, JAMSTEC

The western margin of the Pacific LLSVP (Large Low Shear Velocity Province) in the D" region is investigated. The differential travel times of ScS-S are measured for the rays propagating along nearly the north-south direction, which is considered to be parallel to the strike direction of the western boundary of the Pacific LLSVP. Over 190 high-quality ScS-S differential travel times from 52 events occurred in the North Pacific and Southeast Asia recorded at the broadband stations in Japan and Australia are used. The differential travel times were corrected for the contribution above D" (250 km above the CMB) using eight global tomography models. The abrupt change in the differential travel times is very clearly observed beneath the region East of Philippine Islands, indicating a sharp lateral boundary in shear-wave velocity across this region. The Vs contrast of up to 4 percent is observed beneath the region from -4 to 4 degrees in latitude and 130 to 140 degrees in longitude, within 400-600 km. We will discuss the possible origin of the structure in terms of the thermal and chemical anomalies. Keywords: Pacific LLSVP, ScS, D", lowermost mantle, plume



会場:104

時間:5月23日15:45-16:00

マントル深部での融解現象 Study of melting phenomena under the deep mantle conditions

西谷 尚也¹*, 大谷 栄治¹, 境 毅², 宮原 正明¹, 平尾 直久³, 大石 泰夫³, 西嶋 雅彦⁴, 村上 元彦¹ Naoya Nishitani¹*, Eiji Ohtani¹, Takeshi Sakai², Masaaki Miyahara¹, Naohisa Hirao³, Yasuo Ohishi³, Masahiko Nishijima⁴, Motohiko Murakami¹

¹ 東北大学大学院理学研究科地学専攻,² 東北大国際高等研究教育機構国際高等融合研,³ 財団法人高輝度光科学研究センター,⁴ 東北大金研

¹Tohoku Univ., ²IIAIR, Tohoku Univ., ³JASRI, ⁴Tohoku Univ. IMR

It is known that the subducting plate carry the Earths surface materials (such as the basaltic crust) to the Earths deep interior. As a result of this process, the mantle is highly heterogeneous in chemical composition. At the core-mantle boundary, there is a possibility that Mid Ocean Ridge Basalt (MORB) exists and it causes the seismic anomalies. Seismological studies indicate the presence of Ultra-Low Velocity Zone (ULVZ) above the core-mantle boundary (Williams and Garnero, 1996). This region exhibits reduction of seismic velocities at least 10% and the thickness of this region is about 5 - 40 km. The most probable cause of the seismic velocity reduction is partial melting of the lowermost mantle.

In this study, We carried out melting experiments of MORB using a laser heated diamond anvil cell to investigate the melting phase relations of MORB. The phase relations in MORB were investigated from 31 to 156 GPa and 1500 to 4400 K by in situ X-ray diffraction experiments and chemical analysis of the quenched samples using field emission-scanning electron microscope (FE-SEM) and transmission electron microscopy (TEM). In-situ X-ray diffraction experiments were performed at SPring-8 to determine the subsolidus phase assemblage. The MORB composition consists of MgSiO3-perovskite, CaSiO3-perovskite, stishovite, and Al-rich phase (likely CaFe2O4-type Al-phase) in the upper part of the lower mantle. Stishovite transforms to CaCl2-type SiO2 phase above 60 GPa and 2000 K and further to alpha-PbO2-type phase above 110 GPa. Phase transition of CaSiO3-perovskite from tetragonal to cubic was also observed with increasing temperature. At 37 GPa, the first consuming phase is likely to be stishovite and the melting temperature is 2700 K. At 118 GPa, the first consuming phase is also alpha-PbO2-type SiO2 phase and the temperature is 3700 K.

Keywords: MORB, lower mantle, melting



会場:104

時間:5月23日16:00-16:15

太平洋下マントル最下部の超低速度地帯の形について Constraints on the 3D shape of the ultra low shear velocity zone at the base of the mantle beneath the central Pacific

藤 亜希子¹* Akiko To¹*

¹ 海洋研究開発機構 ¹IFREE JAMSTEC

Prominent postcursors to S/Sdiff waves with delays as large as 26 s are observed in Northern America for Papua New Guinea events (To et al., 2011). The emergence of the postcursor is explained by placing a laterally localized ultra low shear velocity zone (ULVZ, dVs/Vs < -25%) on the CMB, which is fully or partially covered by a broad and weak anomaly region (dVs/Vs -5%). The ULVZ is located beneath the central Pacific.

In the previous study, we limited our focus to an azimuthal range around 60 degrees from the source in Papua New Guinea, where the records show a relatively small azimuthal variation, suggesting a relatively small 3D effect there. We attempted 2D structural modelling along the great circle plane towards stations in southern US. The modelling was limited in 2D, partly due to the sparse station distribution in Midwestern US at the time.

In this study, I investigated USArray station data and further constrained the 3D shape of the ULVZ. The postcursors to S/Sdiff waves are observed at 240 USArray stations for an event, which occurred at Papua New Guinea in 2010. The records from the large number of stations enable me to conduct array analysis. First, I mapped the variation of the incident azimuth of the secondary arrival to the stations. In southern stations, which are located along the azimuth of approximately 60 degrees from the source, the postcursors arrive approximately from the direction of the great circle plane between the source and stations. On the other hand, in northern stations, which are located along the azimuth of 52 degrees from the source, the postcursors arrive from the south with respect to the direction of the great circle plane. Second, I compared the observed amplitude of the main S/Sdiff phase with synthetic waveforms created by Direct solution method (Kawai et al., 2006). The comparison shows that the amplitude of the main phase become very small at stations which are located at the distance around 100 degrees and the azimuth of 50 degrees from the source. These observations indicate that the ULVZ, located beneath the central Pacific, is elongated in the east-west direction.



会場:104

時間:5月23日16:30-16:45

チャンドラー運動の減衰時間と潮汐変形から推定される D"層の粘性率 Viscosity of the D" layer inferred from the decay time of Chandler wobble and tidal deformation

中田 正夫^{1*}, 唐戸 俊一郎² Masao Nakada^{1*}, Shun-ichiro Karato²

¹九州大学理学研究院地球惑星科学部門,²エール大学地質地球物理学教室

¹Kyushu University, ²Yale University

Viscosity of the D" layer of the Earth's mantle, the lowermost layer in the Earth's mantle, plays an important role in the dynamics and evolution of the Earth. That is, its rheological properties control a number of important geodynamic and geochemical processes such as chemical interactions between the mantle and core and the nature of the observed ultralow-velocity regions in D" layer. However, inferring the viscosity of this region is difficult because of the lack of relevant geodynamic observations. A commonly used analysis of geophysical signals in terms of heterogeneity in seismic wave velocities suffers from major uncertainties in the velocity-to-density conversion factor, and the glacial rebound observations have little sensitivity to the viscosity of the D" layer. In this paper, we show that the decay time of Chandler wobble and semi-diurnal to 18.6 years tidal deformation combined with the constraints from the postglacial isostatic adjustment observations provide a strong constraint on the viscosity of this layer. The decay time of Chandler wobble (30-300 years) indicates the effective viscosity of the D" layer (~300 km thickness) to be 10^19-10^20 Pa s, and the tidal deformation with periods less than 20 years suggests the bottom of the D" layer (~100 km thickness) to be less than 10^18 Pa s. The viscosity structure may be consistent with the temperature distribution inferred from the double-crossing of seismic rays of the phase boundary between perovskite and post-perovskite. The results have a number of implications including the core-mantle interaction through small-scale convection and the interpretation of the ultralow velocity region in terms of partial melting.

キーワード: D"層, 粘性率, チャンドラー運動, 潮汐変形 Keywords: D" layer, viscosity, Chandler wobble, tidal deformation



会場:104

時間:5月23日16:45-17:00

下部マントルへのスタグナントスラブ崩落の数値シミュレーション Numerical simulations on fall of stagnant slabs into the lower mantle

吉岡 祥一¹*, 永野田 彩² Shoichi Yoshioka¹*, Aya Naganoda²

¹ 神戸大学・都市安全研究センター,² 九州大学・理・地球惑星 ¹RCUSS, Kobe University, ²Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ.

Global seismic tomography has recently revealed horizontally lying slabs near the upper and lower mantle boundary beneath the Northwestern Pacific region. Although physical mechanisms that could produce such slab stagnation have been proposed based on numerical simulations, there has been little research into what occurs after slab stagnation. We proposed trench advance and trench jumps as effective mechanisms related to the fall of stagnant slabs into the lower mantle, and our numerical simulations of temperature and fluid flow associated with slab subduction in a 2-D box model confirmed these mechanisms. Our results indicate that a supply of slab material associated with further slab subduction after slab stagnation plays an important role in differentiating further slab stagnation from the falling of slabs into the lower mantle. A shortage of material supply would produce extended slab stagnation near the 660-km boundary for ringwoodite to perovskite + magnesiowustite phase transformation, whereas downward force due to further slab subduction on a stagnant slab would enhance its fall into the lower mantle. The behaviors of falling stagnant slabs were not affected by Clapeyron slope values associated with phase equilibrium transformation within the range from -3.0 to 0.0 MPa/K. Compared with models of normal mantle viscosity, a high-viscosity lower mantle played a role in hindering the fall of slabs into the lower mantle, resulting in complicated shapes and slow falling velocities. Lower mantle viscosity structure also affected slab behavior. Slabs tended to stagnate when a low-viscosity zone (LVZ) existed just below a depth of 660km because friction between the slab and the LVZ was weak there. Slab stagnation around a depth of 660km also occurred when a high-viscosity zone existed below a depth of 1200km and acted as a resistive force against a slab, even if the slab existed in the lower part of the upper mantle.



会場:104

時間:5月23日17:00-17:15

Pyrolite と Mg2SiO4 のポストスピネル転移:ポストスピネル転移に及ぼす固溶体成 分の影響 Post-spinel transitions in pyrolite and Mg2SiO4:Effect of solid-solution components on

Post-spinel transitions in pyrolite and Mg2SiO4:Effect of solid-solution components on the post-spinel transition

石井 貴之^{1*}, 糀谷浩¹, 赤荻正樹¹ Takayuki Ishii^{1*}, Hiroshi Kojitani¹, Masaki Akaogi¹

 1 学習院大理

¹Gakushuin Univ.

地球内部 660 km 不連続面は上部マントル主要構成鉱物である Mg_2SiO_4 のポストスピネル転移により生じていると考えられている。 Mg_2SiO_4 やマントルの平均的な組成と考えられている pyrolite を用いたこの転移圧力は研究者によって様々であり、この転移が真に 660 km 不連続面に対応するか今日でも議論が続いている。本研究での Mg_2SiO_4 と pyrolite を用いた高圧実験では、pyrolite の方が約 0.1 ~ 0.5 GPa 低圧でポストスピネル転移が起き、クラペイロン勾配もより緩やかになるという結果が得られた(2010 年度連合大会要旨)。このことから、転移圧力・勾配の低下の原因が Mg_2SiO_4 成分以外の他成分(Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+})の影響と予想し、これらの成分がポストスピネル転移に及ぼす効果をマルチセル法により比較した。

出発物質として Mg₂SiO₄、Mg₂SiO₄: Fe₂SiO₄ = 9:1(モル比)の混合物(Fo₉₀Fa₁₀) Mg₂SiO₄ と MgSiO₃: Fe₂O₃ + Al₂O₃ = 85:15(モル比)を重量比で6:4とした混合物(Fo+En+FeAlO₃)、Mg₂SiO₄ と MgSiO₃: Al₂O₃ = 85:15(モル比)を重量比で6:4とした混合物(Fo+En+Al₂O₃)を用意した。3つの小さな穴が空いた Re カプセルの各穴に Mg₂SiO₄、Fo₉₀Fa₁₀、Fo+En+FeAlO₃(または Mg₂SiO₄、Fo+En+FeAlO₃)を詰め、圧力22.3~24.5GPa、温度 1200~1600 C の実験条件で、3時間保持後、急冷回収した。試料中の相の同定には微小領域 X 線回折装置、組成分 析には SEM-EDS を用いた。

 Mg_2SiO_4 に比べFo₉₀Fa₁₀は転移圧力がわずかに上昇し、Fo+En+FeAlO₃、Fo+En+Al₂O₃はより低圧で転移した。Fo+En+FeAlO₃、Fo+En+Al₂O₃のポストスピネル転移反応は、ringwoodite + garnet = perovskite + magnesiowustite (or periclase)である。これらの結果から、Fe²⁺は転移圧力を増加させ、Al³⁺とFe³⁺は低下させていると考えられる。また、クラペイロン勾配を比較すると、Fo₉₀Fa₁₀は Mg_2SiO_4 と似た傾向を持つのに対し、Fo+En+FeAlO₃はより緩やかな勾配となり、pyroliteの勾配の傾向とも一致している。このことから、Al³⁺が最も転移圧力の低下に寄与していると考えられる。

キーワード: ポストスピネル転移, リングウッダイト, ペロフスカイト, 660km 不連続面, 高圧実験 Keywords: postspinel transition, ringwoodite, perovskite, 660km discontinuity, high pressure experiment



会場:104

時間:5月23日17:15-17:30

DIA 型変形装置を用いたマントル遷移層温度圧力条件下でのウォズリアイトのクリー プ強度その場測定 An in situ measurement of creep strength of wadsleyite in a D-DIA apparatus at P-T con-

An in situ measurement of creep strength of wadsleyite in a D-DIA apparatus at P-T conditions of mantle transition zone

川添 貴章¹*, 西原 遊¹, 大内 智博¹, 西山 宣正¹, 肥後 祐司², 舟越 賢一², 入舩 徹男¹ Takaaki Kawazoe¹*, Yu Nishihara¹, Tomohiro Ohuchi¹, Norimasa Nishiyama¹, Yuji Higo², Ken-ichi Funakoshi², Tetsuo Irifune¹

1愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター,2高輝度光科学研究センター

¹Ehime University, GRC, ²Japan Synchrotron Research Institute

In order to study creep strength of wadslevite at P-T conditions of the mantle transition zone, technical developments have been made by optimization of a multi-anvil 6-6 (MA6-6) assembly for extending P-T conditions of in situ stress-strain measurements in a deformation-DIA (D-DIA) apparatus over 10 GPa and 600 K. Deformation experiments of wadsleyite were conducted using a cubic-anvil apparatus SPEED-Mk.II with a D-DIA system, which was newly installed in 2010, at BL04B1 beamline of SPring-8. We used second-stage anvils made of cubic BN and tungsten carbide with a truncated edge length of 2.5 mm. The stress and the strain of wadsleyite were quantitatively determined at experimental processes including deformation at high P-T conditions using in situ X-ray radial diffraction and radiography, respectively. In the optimization, efficiency of pressure generation was improved to adjust dimensions of a preformed gasket, and materials with low X-ray absorption were adopted for materials of second-stage anvils, columns of an anvil guide and an X-ray window in a LaCrO3 heater to reduce X-ray absorption. As a result of the optimization, the P-T conditions of the in situ stress-strain measurements in the D-DIA apparatus were extended to 15.3 GPa and 1700 K. Using the developed technique, uniaxial deformation on wadsleyite was achieved to the strain of 19 % at the strain rate of 3.7 x 10⁻⁵ s⁻¹ and at 15.3 GPa and 1700 K. In this study, the stress-strain measurements on wadslevite were succeeded at the P-T conditions of the mantle transition zone and at controlled strain rate. The present study extended the P-T range of the measurements in the D-DIA apparatus from 9.6 GPa in early studies to 15.3 GPa at high temperature corresponding to interior of the earth. The experimental results demonstrate potential of the present deformation system composed of the D-DIA apparatus and the MA6-6 assembly as an important tool to investigate the creep strength of deep mantle minerals under the P-T conditions of an upper part of the mantle transition zone.

キーワード: ウォズリアイト, クリープ強度, マントル遷移層, DIA 型変形装置, その場測定, 放射光 Keywords: wadsleyite, creep strength, mantle transition zone, deformation-DIA apparatus, in situ measurement, synchrotron



会場:104

時間:5月23日17:30-17:45

全マントル構造不均質の遠地地震トモグラフィーへの影響について On the influence of whole-mantle heterogeneity on teleseismic tomography

趙 大鵬^{1*}, 簗田 高広¹, 山本 芳裕² Dapeng Zhao^{1*}, Takahiro Yanada¹, Yoshihiro Yamamoto²

¹ 東北大学·理,² 大船渡高等学校

¹Tohoku University, ²Ofunato High School

Teleseismic tomography has become a powerful tool to determine the 3-D upper mantle structure under a region covered by a seismic network since this approach was firstly proposed by Aki et al. (1977). A basic assumption of teleseismic tomography is that the lower mantle is homogeneous, thus the use of relative travel-time residuals is assumed to remove the effects of earthquake mislocation and the structural heterogeneities outside of the study area, and the relative travel-time residuals from the teleseismic events only reflect the 3-D structure under the seismic network. However, global tomography studies have revealed various scales of structural heterogeneities in not only the upper mantle but also the lower mantle, such as deep subducted slabs and mantle plumes. Thus the whole-mantle heterogeneities would contribute partially to the observed relative travel-time residuals, and as a result affect the determination of 3-D velocity structure under the study area. However, so far no one has addressed this issue and it is unclear how much the whole-mantle heterogeneity would influence the teleseismic tomography. In this study we have investigated this problem for the teleseismic tomography beneath the Japan Islands. We used about 45,000 P-wave data from 360 teleseismic events recorded by the J-Array and Hi-net stations, in addition to about 230,000 P-wave arrival times from 1180 local shallow and deep earthquakes under the Japan Islands. We calculated theoretical travel times from each teleseismic event to the stations in Japan in a 3-D whole-mantle P-wave velocity model (Yamamoto and Zhao, 2010) and the 1-D iasp91 Earth model. We found that the differential travel time for the two models (T3d-T1d) is in the range of -0.3 s to +0.3 s, though it is -0.2 s to +0.2 s for most of the rays, which is equal to or larger than the picking errors of the teleseismic data (0.1-0.2 s). Therefore the effect of whole-mantle heterogeneity on the teleseismic residuals is significant and so it should be corrected. We have taken into account this effect and obtained a better 3-D P-wave velocity structure down to 700 km depth beneath the Japan Islands. Our results show that the Philippine Sea slab has subducted aseismically down to 300-500 km depth under SW Japan. Low-velocity (low-V) anomalies are imaged clearly in the central part of the mantle wedge above the subducting Pacific slab. The low-V zones exist not only under the Honshu land area but also extend westward beneath the Japan Sea. We also imaged low-V zones which seem to be caused by the deep dehydration of the Pacific slab at 300-400 km depths. A low-V zone is revealed at depths of 500-700 km in the mantle beneath the Pacific slab under Southern Tohoku and Kanto, which may reflect an upwelling flow from the lower mantle.

キーワード: 遠地地震, トモグラフィー, マントル, 不均質構造, スラブ Keywords: teleseismic events, tomography, mantle, heterogeneity, slab



会場:104

時間:5月23日17:45-18:00

IceCube ニュートリノ検出器を用いたニュートリノ・トモグラフィーによる地球内部 構造の研究 Neutrino absorption tomography with IceCube detector

保科 琴代^{1*}, 田中 宏幸¹ Kotoyo Hoshina^{1*}, Hiroyuki Tanaka¹

¹ 東京大学地震研究所 ¹Earthquake Research Institute

ニュートリノの吸収を用いて地球の内部密度を調べるニュートリノ・トモグラフィーは、地震波測定などの他の測定方法と完全に独立して地球の密度を測定出来る計測法として、長い間実現が待たれてきた。

ニュートリノは電気的に中性であり、物質とは弱い相互作用でのみ反応する素粒子である。このため、地球本体も殆 どが無反応で透過するが、ごくまれに、物質内部の陽子や中性子と反応し、ニュートリノの持つ「香り」と呼ばれる特 性に従ってミュー粒子や電子、タウ粒子などを生成した結果、地球内部で吸収される現象が起こる。

この反応断面積は、ニュートリノのエネルギーが高くなるにつれて大きくなる。また、吸収確率は、ニュートリノが 通ってきた経路に沿った物質量(陽子及び中性子の数)とこの反応断面積により、厳密に求めることが出来る。

このことから、あらかじめ地表での強度が分かっているニュートリノ源があれば、地球を通って飛来するエネルギーの高いニュートリノの数を経路ごとに調べることで、それぞれの経路での地球の平均密度を求める事ができる。

ニュートリノ・トモグラフィーの強みは、地球内部の温度や物質組成などに依らず密度が独立に求まる点にある。 一方で、その実現には主に次のような問題があった。

1) 10TeV 以上のエネルギーを持つニュートリノが数多く必要になる点

2) ほとんど物質と反応しないニュートリノを大量に検出するための、大容量のニュートリノ望遠鏡が必要である点 1)については、現状では大気ニュートリノが殆ど唯一の選択肢である。しかし、大気ニュートリノは数十 TeV 以上で の地表での強度がまだ正確に測定されておらず、この領域の強度を推定するモデルも数多く存在する。また、大気ニュー トリノは大量に地表に降り注いでいるとはいえ、10TeV 以上のエネルギーをもつものの数は少ない。このため、長期の 観測が必要になる。

3)については、少なくとも1立方キロメートルの検出領域を持つニュートリノ望遠鏡が必要である。現在、この条件を満たすものは、2011年1月に完成した IceCube のみである。

IceCube ニュートリノ望遠鏡は、南極点の氷河面下 1500 メートルから 2500 メートルにかけて設置された、チェレンコフ光検出器である。

1本のストリングと呼ばれるケーブルに、60個の光電子増倍管をベースに開発された検出器が設置されている。2005年に1ストリングから運用を開始し、以降毎年15本から20本のストリングを設置しつつ、データの取得も行っている。 北半球に送られたデータは、大気ミューオンなどのバックグラウンドイベント除去の後、純粋に地球内部を通過して到 達したニュートリノ起源のイベントのみ抽出され、地球外ニュートリノの探索や大気ニュートリノスペクトラムの測定 に用いられる。2007年(ストリング22本)及び2008年(ストリング40本)で、合計約20000のニュートリノイベン トが観測された。

今回、この 20000 イベントを用いて、それぞれのニュートリノの到達角度ごとの頻度を得た。更に、このデータを、いくつかの地球内部モデルを組み込んだモンテ・カルロ・シミュレーションの結果と比較した。

結果は、Preliminary Reference Earth Model を組み込んだシミュレーションが、統計誤差の範囲内でデータと良く一致した。これは、地球のコアによるニュートリノの吸収を示唆する、ニュートリノ・トモグラフィーにおける最初のデータであると言える。

講演では、本年初頭に完成した IceCube (ストリング 88 本)で 10 年間データを取得した場合に得られると予想される 地球の密度分布についても議論する。

また、大気ニュートリノスペクトラム、解析手法、検出器キャリブレーション及び icecube 直下の岩盤の密度の系統誤差が解析に与える影響を考察し、更にこれらの系統誤差を減らすための計画についても議論する。

[研究協力] 米ウィスコンシン大学 IceCube グループ

キーワード: ニュートリノ トモグラフィー, アイスキューブ Keywords: Neutrino absorption tomography, IceCube (May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan) ©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SIT040-15

会場:104

時間:5月23日18:00-18:15

上部マントルにおける水素と olivine の反応 Reaction of hydrogen molecule and olivine under high pressure and high temperature condition

篠崎 彩子¹*, 平井 寿子¹, 近藤 忠³, 鍵 裕之⁴, 八木 健彦² Ayako Shinozaki¹*, Hisako Hirai¹, Tadashi Kondo³, Hiroyuki Kagi⁴, Takehiko Yagi²

¹ 愛媛大地球深部ダイナミクス研究センター,² 東京大学物性研究所,³ 大阪大学,⁴ 東京大学 ¹Ehime University, ²ISSP University of Tokyo, ³Osaka University, ⁴University of Tokyo

水素は宇宙で最も多く存在する元素であり、現在でも地球深部のマントルや核に水素が存在していると考えられてい る。マントル中の水素は微量であっても鉱物の物性や融点に大きな影響を与える重要な物質である。マントル中の水素を 含む流体の組成は酸化還元状態によって変化する。地殻やマントル上部は比較的酸化的であり、水流体として存在する。 一方でマントルは深部に向かうにつれて還元的になり、上部マントル最下部やマントル遷移層では水、水素分子、メタン として存在している。マントルダイナミクスや物質循環を検討する上で水に加えて水素、メタンとマントル鉱物との反応 を調べることが重要な課題となる。Olivine はマントルの主要構成鉱物であり、水が olivine に与える影響に関しては多く の研究が行われている。水が olivine の融点を大きく低下させることが明らかになっている。一方で、水素分子と olivine の反応に関する報告は十分でない。本研究では水素が olivine に与える影響を明らかにすることを目的として olivine と水 素を出発物質とする高温高圧実験を行った。

マントルでカンラン石は鉄を10%程度含むことが知られているが、本研究では水素がカンラン石に与える影響をより 明確にするため、鉄を含まない forsterite-水素系を出発物質とした。圧力の発生はレバー式ダイヤモンドアンビルセル を、圧力の測定にはルビー蛍光法を用いた。加熱にはCO2 レーザーを用いた。加熱の温度圧力条件は10.8 GPa-15.2 GPa, 1500-1600K である。室温下に急冷後、減圧過程において光学顕微鏡観察、粉末 X 線回折、Raman 分光、SEM, TEM を 用いて試料の評価を行った。

加熱後、加熱領域の茶色から黒色への色の変化が観察された。加熱後の XRD パターンから、加熱領域で olivine の MgO と SiO2 への分解が観察された。無水条件および、H2O と共存する条件では同様の分解反応は観察されないことから、水素が影響を与えたと考えられる。

キーワード: 上部マントル, 水素, かんらん石, レーザー加熱ダイヤモンドアンビルセル Keywords: upper mantle, hydrogen, olivine, laser heated diamond anvil cell



会場:104

時間:5月23日18:15-18:30

マルチモード表面波トモグラフィーによるオーストラリア地域の3次元S波速度及 び異方性モデル Radially Anisotropic Shear Wave Structure of Australian Region from Multi-mode Surface Wave Tomography

吉澤 和範^{1*}, B.L.N. Kennett² Kazunori Yoshizawa^{1*}, B.L.N. Kennett²

¹ 北海道大学 大学院理学研究院,² オーストラリア国立大学 地球科学研究所 ¹Faculty of Science, Hokkaido Univ., ²RSES, Australian National Univ.

We developed a new three-dimensional shear wave speed model for the upper mantle beneath the Australian region from multi-mode surface waves. A large number of phase speed data from both Love and Rayleigh waves are extracted from threecomponent seismic records of seismic stations in the Australia and its surrounding region over the period between 1990 and 2008, using the networks reporting to IRIS, as well as portable seismic arrays deployed by the Australian National University.

We used a fully automated technique of multi-mode dispersion measurements with a nonlinear waveform fitting based on a direct model-parameter search using the Neighbourhood Algorithm. Over 6,000 paths for both Love and Rayleigh waves are collected to cover the entire Australian continent, which allow us to extract lateral heterogeneity as well as radial anisotropy with extended horizontal and vertical resolution. The path-specific phase speeds are inverted to produce multi-mode phase speed maps incorporating approximate finite-frequency effects via the surface-wave influence zone, within which surface waves can be considered to be coherent in phase. A 3-D radially anisotropic shear wave speed model is then derived from simultaneous inversions of local dispersion curves of multi-mode Love and Rayleigh waves.

The new 3-D model shows a good correlation of fast shear wave speed anomalies with regions of Archaean and Proterozoic cratons in the western and southern Australia down to a depth of about 200 km. Owing to the enhanced vertical resolution with the higher mode information, the subduction of the Australian plate in the north beneath Indonesia has also been mapped clearly. Three-dimensional distribution of radial anisotropy indicates faster SH anomaly than SV beneath the central and western Australia down to about 300 km depth, indicating possible effects of strong shear motion in the lithosphere-asthenosphere boundary beneath the continent.

キーワード: 表面波, トモグラフィー, 異方性, 大陸, オーストラリア Keywords: surface wave, tomography, anisotropy, continent, Australia



会場:コンベンションホール

時間:5月23日10:30-13:00

火星マントルの部分融解実験とシャーゴッタイトの生成条件 Melting experiments of the Martian mantle and origin of shergottite

長與 陽子^{1*}, 松影 香子¹ Yoko Nagayo^{1*}, Kyoko Matsukage¹

¹ 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター ¹Ehime University, GRC

これまでに火星の内部構造は、人工衛星によるデータや探査機から得られた火星土壌の組成、また火星隕石(SNC 隕石)の組成から見積もられてきた。SNC 隕石の1つである玄武岩質シャーゴッタイトは、火星表層に近い場所でマグマが固化したものと考えられている。これら SNC 隕石と太陽系で最も始原的な組成を持つコンドライト隕石の組成を対比して、Dreibus and Wanke (1985) は火星マントル組成モデルを提唱した。彼らのモデル組成(DW)を使って、今までに圧力 1.5GPa と 4.7-5.0 GPa で融解実験が行われた(Bertka and Holloway, 1994; Agee and Draper, 2004)。しかし、彼らの実験で得られた初生メルト組成は玄武岩質シャーゴッタイトから計算された初生マグマの組成と比べて、1.5 GPa では特に AI 含有量が多く、5.0 GPa では Mg, Fe 含有量が多く、Si 含有量が少なかったため、シャーゴッタイトの起源が DWマントル組成であることは証明できなかった。また両者の実験結果の間では、ソリダス, リキダスの温度に大きな矛盾がある。本研究では 1.0, 2.5, 5.0 GPa において DW 組成の部分融解実験を行い、DWマントル組成がシャーゴッタイトの起源になりうるか否かを考察する。

出発物質は、Dreibus and Wanke (1985)の火星マントル組成モデルをもとに SiO₂-TiO₂-Al₂O₃-Cr₂O₃-FeO-MgO-CaO-Na₂O の 8 成分を試薬合成したものを使用した。高温高圧実験は、5.0 GPa において愛媛大学のマルチアンビル高圧発生 装置 ORANGE1000 を用い、1.0, 2.5 GPa においては東京工業大学のピストンシリンダー(ET 型, Boyd England 型)を使 用した。実験温度は 1300-1750 、保持時間は 1-24 時間で行った。分析には、SEM-EDS を用いて化学組成分析および 鉱物相の同定を行った。溶融度は画像処理プログラムを用いて反射電子像から液相と固相とを区別し、それらの面積比 から求めた。

高温高圧実験により、1.0, 2.5, 5.0 GPa それぞれの条件で DW 火星マントルの部分溶融関係と鉱物組み合わせが決定 された。本実験結果では、5.0 GPa において 1500 あたりで溶け始め 1750 で全溶融する。これは過去研究よりもおよ そ 100 低い結果となった。また 2.5 GPa では 1400 程度、1.0 GPa では 1300 弱で溶け始め、過去研究のソリダス 温度よりやや高くなったが、その差は小さい。また、1.0 GPa ではスピネルが過去研究より 100 ほど高い領域でも安定 に存在した。本実験で求めた DW マントルの部分融解液とシャーゴッタイトの化学組成を比べたところ、Si 含有量は多 く、シャーゴッタイトの初生マグマ組成に近くなったものの、Mg/(Mg + Fe) 原子比がやや高くなった。Ca や AI に関し ては、2.5 GPa と 5.0 GPa における部分融解液の組成トレンドの間にシャーゴッタイトの初生マグマ組成がくる。以上よ り、DW マントルが玄武岩質シャーゴッタイトの始源物質だとすると、その初生マグマの生成条件は 2.5-5 GPa (火星の 深さ約 200-400 km)ではないかと推測する。

キーワード: 火星, マントル, シャーゴッタイト, 部分融解, 高温高圧実験 Keywords: Mars, mantle, shergottite, partial melting, high pressure and temperature experiments



会場:コンベンションホール

時間:5月23日10:30-13:00

高圧下での Fe-C 融体の密度測定とその外核への適用 Density measurement of liquid Fe-C at high pressure and Implication for Earth's Outer core

下山 裕太^{1*}, 大谷 栄治¹, 寺崎 英紀¹, 西田 圭佑¹ Yuta Shimoyama^{1*}, Eiji Ohtani¹, Hidenori Terasaki¹, Keisuke Nishida¹

1 東北大学理学部地球惑星物質科学科

¹Tohoku University

地球外核には Fe-Ni 系合金に H,C,O,S,Si などの軽元素が含まれているとされ、軽元素の効果により密度が純鉄と比べて 10%程度軽減しているとされている (e.g. Poirier, 1994)。しかし未だに外核にどの元素がどの程度で含まれているかはよ く分かっておらず、高温高圧下での溶融鉄合金の密度測定は地球科学における重要なテーマの1つである。また、PREM モデルと溶融 Fe-Ni 系の V_P 測定 (Hixson et al., 1990) との比較により V_P は外核中の方が純鉄よりも速いことが言われ ている。つまりは、外核に含まれる軽元素は純鉄の密度を減少させる効果と V_P を増加させる効果という 2 つの効果を 合わせ持つこととなる。したがって、外核の軽元素を決定する制約要素としてはこれら 2 つの効果を満たすかどうかで 判別することができる。

外核に含まれる候補として挙げられている軽元素の中で、炭素は宇宙存在度からみて H(水素) に次ぐ2番目に多い元素であり、2-4wt%程度地球核に含まれることが示唆されている (Wood, 1993)。溶融鉄の密度に対する炭素の効果は少ない。したがって本研究では Fe-C 系の密度測定を行い、鉄の密度への炭素の効果を求め、その依存性から炭素の核中における存在可能性を探ることが本研究での目的となる。

実験手法は浮沈法を用いた。試料は共融点組成に近い Fe-3.5wt%C を使った。圧力は 5-9 GPa, 温度は 1923 K の一定条件で行った。高圧発生には東北大学 3000ton マルチアンビルプレスを用いた。

実験結果から、Fe-3.5wt%Cは5-9 GPaの範囲で7.1-7.5 g/cm³の範囲の密度を取ることが分かった。この結果を溶融鉄 及びFe₃Cの密度と比較を行った所、本結果は溶融鉄とFe₃Cの中間付近の値となり調和的な結果となった。また体積弾 性率Kの計算を行ったところ、Fe₃Cの体積弾性率よりも高い傾向を示した。

キーワード: 高温高圧, 密度, バルク音速, Fe-C 融体 Keywords: high pressure, density, Bulk sound velocity, liquid Fe-C



会場:コンベンションホール

時間:5月23日10:30-13:00

波形インバーンによる南太平洋下の最下部マントルS波速度構造推定 Waveform inversion for S-velocity structure in the lowermost mantle beneath the Southern Pacific

長谷川 慶¹*, 小西 健介¹, ゲラー ロバート¹, 冨士 延章³, 河合 研志² Kei Hasegawa¹*, Kensuke Konishi¹, Robert J. Geller¹, Nobuaki Fuji³, Kenji Kawai²

¹ 東大地惑,² 東工大地惑,³ トゥールーズ大学 UPS-OMP; CNRS,IRAP ¹EPS, University of Tokyo, ²EPS, Tokyo Institute of Technology, ³Universite de Toulouse,UPS-OMP; CNRS, IRAP

We conduct waveform inversion for the vertical profile of shear velocity in the D" layer beneath the Southern Pacific. We use the transverse component of relatively long period broadband waveforms (20-200s), obtained from IRIS for earthquakes from 1993 to 2010. We find lower S-velocity relative to PREM in the depth range from 0-150km above the core-mantle boundary (CMB), and higher S-velocity relative to PREM in the depth range from 150-300km above the CMB. This is consistent with a phase transition from perovskite to post-perovskite. The average S-velocity in D" is the same as or slightly faster than PREM, which is roughly consistent with previous global D" velocity models.



会場:コンベンションホール

時間:5月23日10:30-13:00

マントル深部鉱物の第一原理格子熱伝導計算 Ab initio lattice thermal conductivity of deep mantle minerals

出倉 春彦¹*, 土屋 卓久², 土屋 旬¹ Haruhiko Dekura¹*, Taku Tsuchiya², Jun Tsuchiya¹

¹ 愛媛大・上級研究員センター,² 愛媛大・地球深部研 ¹SRFC, Ehime Univ., ²GRC, Ehime Univ.

The core-mantle boundary heat flow depends on the thermal conductivity of the base of Earth's lower mantle. Direct measurement of thermal conductivity of minerals remains technically challenging at the deep mantle condition. On the other hands, *ab initio* computational technique based on the density functional theory (DFT) allows us to examine microscopic process of the transport phenomena including the lattice thermal conduction. Earlier theoretical works calculated the lattice thermal conductivity of MgO with *ab initio* molecular dynamics (MD) simulation or direct evaluation of third-order anharmonic force constants to compute phonon-phonon interaction (Nico de Koker, Phys. Rev. Lett. **103**, 125902, 2009, X. Tang and J. Dong, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. **107**, 4539, 2010). However, in these approaches, the simulation cell is often insufficient to accurately calculate the long wave-length phonon-phonon interactions. This leads to a lack of the decay channels for the phonons. For a more reliable way, the anharmonic coupling between phonon modes can be calculated within density functional perturbation theory (DFPT). In this approach, the higher-order force constants are calculated based on the perturbative scheme taking care only of the primitive cell. In this presentation, we show the phonon decay and the lattice thermal conductivity of MgO in the lower mantle conditions. Research supported by Senior Research Fellow Center, Ehime University.

キーワード: 第一原理計算, 格子熱伝導, フォノン-フォノン相互作用, マントル深部鉱物

Keywords: first principles calculation, lattice thermal conductivity, phonon-phonon interaction, deep mantle minerals



会場:コンベンションホール

時間:5月23日10:30-13:00

下部マントル条件における過剰含水 MORB 中の含水相 Hydrous phase in water-saturated MORB at the lower mantle conditions

石尾 恵朋 ¹*, 近藤忠 ¹, 亀卦川卓美 ² Keihou Ishio¹*, Tadashi Kondo¹, Takumi Kikegawa²

¹ 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻,² 高エネルギー加速器研究機構 ¹Graduate School of Science, Osaka Univ, ²IMSS KEK

これまでの研究によって遷移層条件における物質中でも高い貯水能力をもち、その貯水量が現在の地表における海水 量の数倍になりうるという実験的結果が示唆されている。そして、海洋地殻の表層部を構成する MORB(中央海嶺玄武 岩)が含む含水鉱物が地表から地球内部へと水を輸送しているのではないかといわれている。

日本の下の海洋プレートは、遷移層と下部マントルとの境界付近で滞留していることが地震波によって観測されているが、Slabの中には下部マントルと外核との境界付近にまで沈み込むものも観測されている。

我々は、過剰含水条件下における MORB について LHDAC(Laser Heated Diamond Anvil Cell)を用い、70GPa,1700K に いたるまでの高温高圧条件下における放射光 X 線その場観察実験を行い、マントル深部条件での含水条件に関して調べ た。その結果、Phase D の生成を確認し、Ca-perovskite,Mg-Perovskite,Stishovite,CF-Phase と共存していることを確認し た。また、Phase D が 60GPa 以上の条件では、安定に存在できないことを確認した。

これまでの含水 MORB 組成の実験では、PhaseD が見つかったという報告はなされていない。本実験では過去の実験 と比較し、水が極端に大量に含まれた状態での実験を行ったため、その大量の水の存在によって Phase D が安定な相と して存在し得たのではないかと考えられる。

今回の結果から水が十分に存在する環境下においては、遷移層から下部マントルに水を輸送する物質として、最大で19wt.%近い水を含むことができる Phase D が候補の一つとなりうることが示唆された。

キーワード: レーザー加熱式 DAC, 中央海嶺玄武岩, 含水鉱物, PhaseD, 下部マントル, 高エネルギー加速器研究機構 Keywords: LHDAC, MORB, Hydrous minetals, PhaseD, Lower mantle, KEK



会場:コンベンションホール

時間:5月23日10:30-13:00

下部マントルにおける水のリザーバーとしての Mg, Si を固溶する -AlOOH Mg, Si-bearing delta-AlOOH as a reserver of water in the lower mantle

大平格^{1*}, 大谷 栄治¹, 境 毅², 宮原 正明¹, 平尾 直久³, 大石 泰生³, 西嶋 雅彦⁴ Itaru Ohira^{1*}, Eiji Ohtani¹, Takeshi Sakai², Masaaki Miyahara¹, Naohisa Hirao³, Yasuo Ohishi³, Masahiko Nishijima⁴

 1 東北大学大学院理学研究科地学専攻, 2 融合領域研究所・東北大学, 3 高輝度光科学研究センター, 4 東北大学金属材料研究所

¹Faculty of Sci., Tohoku Univ., ²IIAIR Tohoku Univ., ³JASRI, ⁴IMR

地球の下部マントルは主に MgSiO₃-ペロブスカイトで構成されている。また下部マントルには、沈み込むスラブの含 水鉱物によって水が輸送される。これらスラブ中の含水鉱物は、下部マントルではそのほとんどが分解・脱水してしま う。しかし、 -AIOOH は、核マントル相当の温度圧力条件でも安定に存在し、下部マントル深部へ輸送される水のリ ザーバーと成りうる (e.g., Sano et al., 2008)。しかし、実際の下部マントルにおいて -AIOOH が MgSiO₃-ペロブスカイ トと共存するのかについては明らかにされていない。本研究では、含水の MgSiO₃-Al₂O₃-H₂O 系での高温高圧での実験 を行い、その結果から -AIOOH と MgSiO₃-ペロブスカイトが下部マントルで安定に存在する可能性について検討する。 実験にあたり、まず組成が 70 mol.% MgSiO₃-30 mol.% Al₂O₃ のゲル試料を合成した。それに水を 1.5wt.% または 7.0 wt.%の水を含ませ、出発試料とした。

高温高圧の発生にはレーザー加熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いた。高温高圧実験後に急冷した試料のX線回折 実験を SPring-8 の BL10XU で行い、その結果から、delta-AlOOH と MgSiO₃-ペロプスカイトが 68 GPa、2000 K までの 条件で安定に共存することが確認された。また、回収試料の化学組成の分析は、STEM-EDS (JEM-3000F) を用いて行っ た。68 GPa、2000 K から回収した試料の化学組成分析の結果から、delta-AlOOH と共存する MgSiO₃-ペロプスカイトに 含まれる Al₂O₃ 量は 3.1(12) mol.% と非常に乏しく、この delta-AlOOH には約 50mol% MgSiO₃ 成分が固溶することが判 明した。これとは対照的に、無水の MgSiO₃-Al₂O₃ 系の MgSiO₃-ペロブスカイトは、少なくとも 25mol.%の Al₂O₃ を含 みうる (e.g., Liu, 1977)。よって、含水系における MgSiO₃-ペロブスカイト中の Al₂O₃ 量は、 -AlOOH の存在により無 水系における MgSiO₃-ペロブスカイト中の Al₂O₃ 量は、パイロライト中の Al₂O₃ 量と比べても少ない。これは、下部マントルのよ うな組成でも delta-AlOOH がペロプスカイトと共存可能であることを示している。

結論として、マントル地温勾配に沿った温度条件でも、少なくとも 1.5 wt.%の水があれば、下部マントルで delta-AlOOH と MgSiO₃-ペロブスカイトが共存しうることが示された。

キーワード: 地球下部マントル, MgSiO₃-ペロブスカイト, delta-AlOOH Keywords: Earth's lower mantle, MgSiO₃-perovskite, delta-AlOOH



会場:コンベンションホール

時間:5月23日10:30-13:00

Influence of iron on the plastic properties of MgSiO3 post-perovskite: a first-principle study. Influence of iron on the plastic properties of MgSiO3 post-perovskite: a first-principle study.

Arnaud Metsue^{1*}, Taku Tsuchiya¹ Arnaud Metsue^{1*}, Taku Tsuchiya¹

¹Geodynamic Research Center, Ehime

¹Geodynamic Research Center, Ehime

The D" layer is one of the most enigmatic part of the Earth s interior and has major implications for its dynamics. This layer is characterized by a strong and inhomogeneous seismic anisotropy. This latter could be produced by combining the single-crystal elastic anisotropy and crystal preferred orientation (CPO) of $(Mg,Fe)SiO{sub}3{/sub}$ post-perovskite phase. Some experiments have been done on the plasticity of poor-Fe-bearing and pure MgSiO{sub}3{/sub} post-perovskite and lead to textures of deformation dominated by the (100) and (110) slip planes (Merkel et al., 2007) and by the (001) slip plane (Miyagi et al., 2010). On the other hand, theoretical calculations on the dislocations mobility on pure MgSiO{sub}3{/sub} (Carrez et al., 2007; Metsue et al., 2009) suggested a texture dominated by the (010) slip plane. These results cannot explain the seismic observations in the whole D" layer. Consequently, in order to understand the seismic anisotropy of the whole D" layer, one should determined the effects of incorporated elements, such as iron, on the plastic properties of the post-perovskite phase.

In this study, we present the results of an atomic-scale computational study on the plastic shear of pure and Fe-bearing Mg-SiO{sub}3{/sub} post-perovskite at 120 GPa. We determine the response of 4 potential slip planes, (100), (010), (001) and (110), under a plastic shear through the calculation of the Generalized Stacking Faults (GSF) energies. The values of the GSF energy are obtained by shearing half of an infinite crystal over the other half for every slip plane, similarly to our previous studies for the post-perovskite phase (Carrez et al., 2007; Metsue et al., 2009). The calculation of the GSF energies provides also an estimation of the ideal shear stress (ISS); the maximum resolved shear stress that a perfect crystal can suffer without plastically deforming (Paxton et al., 1991). The GSF energies are determined with ab initio calculations based on the internally consistent LDA+U technique (Tsuchiya et al., 2006) to describe accurately the local interactions between the d-states in Fe. The U parameter is optimized at 120 GPa by using the linear response theory based on the constrained total energy variational principle (Cococcioni and de Gironcoli, 2005, Phys. Rev. B). In this study, Fe is incorporated as substitutional single-point defects close to the glide plane. Iron is treated with different oxidation states (+2 or +3) and different spin states (low or high). As a main result, we show that the incorporation of iron in the post-perovskite phase leads to a decrease of the ideal shear stress for all slip systems. In addition, the slip systems that exhibit the lowest ISS are the same in pure and Fe-bearing MgSiO{sub}3{/sub} post-perovskite.

Research supported by the Ehime Univ. G-COE program Deep Earth Mineralogy and JSPS Research Grants Nos. 20001005 and 21740379.

 $\neq - \nabla - F$: post-perovskite, first-principle calculations, Stacking fault Keywords: post-perovskite, first-principle calculations, Stacking fault



会場:コンベンションホール

時間:5月23日10:30-13:00

沈み込んだ大陸地殻物質の 660 km 不連続面付近における高圧相転移 High-pressure transitions of subducted continental crust at around 660-km discontinuity

石井 貴之^{1*}, 糀谷 浩¹, 赤荻 正樹¹ Takayuki Ishii^{1*}, Hiroshi Kojitani¹, Masaki Akaogi¹

1 学習院大理

¹Gakushuin Univ.

沈み込むスラブは地球内部に地球表層の物質を運び、マントルダイナミクスに様々な影響を与えていると考えられている。スラブを構成する主な物質は海洋地殻とその下部の harzburgite、peridotite であるが、大陸地殻や大陸性・海洋性 堆積物がスラブと共にマントル深部に沈み込む可能性が示唆されている。これら上部大陸地殻物質(Upper Continental Crust (UCC))の高圧相関係は上部マントル最上部~下部マントル上部までの範囲で研究されてきた(Irifune et al., 1994, Wu et al., 2009)が、マントルダイナミクスを解明するために重要な地球内部 660 km 不連続面付近の相関係はまだ詳し く調べられていない。本研究では、660 km 付近での UCC の高圧相関係を調べた。

UCC 組成試料は、SiO₂(66.07 wt%)、TiO₂(0.50 wt%)、Al₂O₃(15.21 wt%)、K₂O(3.40 wt%)、FeO(4.50 wt%)、MgO(2.20 wt%)、CaO(4.20 wt%)、Na₂O(3.90 wt%)を混ぜ合わせ作成した。高圧実験には、マルチセル法を用いた。 二つの穴のあいた Re カプセルに UCC と圧力マーカー(Mg₂SiO₄、MgSiO₃、MgAl₂O₄の内1つ)を詰め、6-8 型マルチ アンビル高圧発生装置を用いて、圧力 20.1~28.0 GPa、温度 1200~1800 、2~3 時間保持後、急冷回収した。試料中の 相の同定には微小領域 X 線回折装置、組成分析には SEM-EDS を用いた。

1400 以上では 21 GPa まで garnet 相 (Gt) + clinopyroxene 相 (Cpx) + KAlSi₃O₈-hollandite 相 (Hol) + stishovite 相 (St) + CAS 相 (CAS)が安定であった。21 GPa 以上で calsium ferrite 相 (CF) + St + Gt + Ca-rich perovskite (Cpv) + CAS の組み合わせとなった。Gt、CAS は約 24 GPa 以上で完全に分解し、CF + Hol + St + Cpv の組み合わせとなった。 1200 以下では CAS は現れなかった。また、23~24 GPa 以上では、回収試料が崩れやすくなり、高圧下で Hol(I) (II) 転移が起きている可能性がある。今後、高圧実験の結果から、各温度・圧力条件でマスバランス計算を行い、pyrolite マントルと密度の比較を行い、マントル中の物質移動に与える影響を考察する予定である。

キーワード: 大陸地殻, 660km 不連続面, スラブ, 高圧実験, パイロライト Keywords: continental crust, 660km discontinuity, slab, high pressure experiment, pyrolite



会場:コンベンションホール

時間:5月23日10:30-13:00

時間的に安定な大陸リソスフェアが考慮された三次元マントル対流の数値シミュレー ションモデル A numerical model of three-dimensional mantle convection with long-lived cratonic lithosphere

吉田 晶樹^{1*} Masaki Yoshida^{1*}

¹ 海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域 ¹IFREE, JAMSTEC

The continental lithospheric mantle assists in the long-term survival of continental crust at Earth's surface and has a thick root or keel that extends hundreds of kilometers into the upper mantle. Geochemical and geochronological studies have revealed that some old cratons have survived at the Earth's surface for periods of more than three billion years despite later tectonic disturbances. The cratons are the keel of the continental lithosphere, and continental assemblages referred to as supercontinents have probably cyclically formed several times during Earth's history (see Yoshida and Santosh, 2011, Earth-Science Reviews).

However, in the numerical modeling of mantle convection, it is a challenging task to construct a numerical model to realize the longevity of cratonic lithosphere. Here, the dynamic role of a weak (low-viscosity) boundary zone (WBZ) between cratonic and oceanic lithospheres in the longevity of the cratonic lithosphere is investigated. The WBZ is assumed to consist of weak materials, deforming with time by mantle convection force. The three-dimensional numerical model presented herein makes it possible to model the cratonic lithosphere that survives for a sufficiently long geological timescale. An important factor in the longevity of cratonic lithosphere is the localized rheological (viscosity) contrast between the cratonic and oceanic lithospheres, i.e., the presence of a weak (low-viscosity) boundary zone (WBZ) that surrounds the cratonic lithosphere. The WBZ protects the cratonic lithosphere from being stretched by the surrounding convection force. This implies that the mechanical contrast between floating cratonic and oceanic lithospheres has played a significant role in the longevity of cratonic lithosphere itself throughout Earth's history. In addition to the presence of a WBZ, the higher viscosity of the cratonic lithosphere itself effectively contributes to the stability of the cratonic lithosphere.

There appears to be a relationship between the horizontal size and longevity of the cratonic lithosphere. The results of the present study are consistent with the fact that there are no Archean cratons of sizes larger than the scale of mantle convection in present-day Earth. Cratons that are sufficiently smaller than the convection scale are likely stable over the long geologic timescale, even if the continental keel is extensively eroded by younger magmatic and subduction-erosion processes.

キーワード: マントル対流, 数値シミュレーション, 大陸リソスフェア, 超大陸, プレート運動, レオロジー Keywords: mantle convection, numerical simulation, cratonic lithosphere, supercontinent, plate motion, rheology



会場:コンベンションホール

時間:5月23日10:30-13:00

含水上部マントルの部分融解実験とMg および Si に富んだ大陸マントルの成因 Melting experiment of hydrous upper mantle and origin of Mg- and Si-rich cratonic mantle

家久 真梨子^{1*}, 松影 香子¹ Mariko Iehisa^{1*}, Kyoko Matsukage¹

¹ 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター ¹GRC.Ehime University

地球は水の惑星である。例えば Ringwood (1977) によると、地球形成時には地球に存在した水はおよそ 2wt%であ ると推定されており、初期地球は水を含んでいた可能性がある。一方初期地球の地球において、始めに安定化した大陸 がクラトンであるとされている。そしてその下には最大で深さ約 300km にもおよぶ非常に厚いマントルリソスフェアが 存在することが知られている。多くの記載岩石学的研究(例えば Boyd, (1989))によると、クラトン下のマントルは海 洋やオフクラトンのマントルに比べて Mg と Si に富んでいるという特徴的な化学組成を有している。その化学的特徴を 説明するために様々なモデルが考えられているが、その1つに、含水条件下における高圧でのマントルの部分融解プロ セスが考えられている(Matsukage,2009)。本研究では、このモデルを検証するため、仮想的なマントル組成のパイロライ ト (Ringwood, 1977)に水を加え、高圧で融解実験を行った。過去の含水パイロライトの実験では pt のカプセルと実験試 料が反応してしまうことにより、融点が高くなったなどの問題点があった。本実験では Pt のチューブで作ったカプセル の中に Re の拍で包んだ試料を入れ、鉄の問題を回避するようにした。

出発物質は以下の主要 10 成分+H2O になるように合成した。Al2O3,SiO2,CaCO3,Fe2O3,TiO2、Cr2O3,Na2CO3,K2CO3,NiO の粉末を秤量、混合し、大気圧中 1000 で脱ガスを行った。その後、酸素分圧が QFM にコントロールされた還元炉に おいて 1500 で溶かし、急冷してガラス化したものに MgO および Mg(OH)2 の粉末を加え、2wt% と 8wt%の異なる含 水量の出発物質になるように調整した。高温高圧実験には、愛媛大学設置のマルチアンビル型高圧発生装置 (ORENGE 1000) を使用し、5GPa、7GPa の圧力において 1000~1600 の温度範囲で実験を行った。

本研究では部分融解時の溶け残り側の固相の相関係を明らかにし、融解度が変化したときの固相の化学組成変化を検討した。H2Oが2wt%の場合は、低温側で安定だったが相が温度を上げ、融解度が上がるにつれて cpx,gar,opx,ol の順番に溶けていくこと、圧力を上げると各鉱物の安定領域が高温側に広がったこ。一方、H2O8wt%の場合、低温側で安定だった相が、cpx,gar,ol,opxの順に溶けていくこと、opxの安定領域が圧力を上げるにつれて ol より広くなることが分かった。このことから水を多く含むことで7GPaにおいて ol より opxの方が難溶融性になることが分かる。 実際、クラトン下からのマントルゼノリスの組成はその他の地域のマントルゼノリスに比べ opx/olの割合が高く、この実験結果から初期地球の大陸生成に水が大きく影響していたのではないかと考えられる。

キーワード: 含水パイロライト, 高温高圧実験, 大陸, クラトン, 部分融解 Keywords: hydrous pyrolite, high pressure and temperature experiments, continent, craton, partial melting