

Oral presentation | R3: High-pressure science and deep Earth's material

📅 Wed. Sep 10, 2025 2:00 PM - 3:15 PM JST | Wed. Sep 10, 2025 5:00 AM - 6:15 AM UTC 🏛️ Oral
Presentation B (Room No. 28)

R3: High-pressure science and deep Earth's material

Chairperson: Takeshi Sakai (Ehime University), Ryosuke Sinmyo (Meiji University), Takayuki Ishii (Okayama University)

🎤 Invited Lecture

2:00 PM - 2:30 PM JST | 5:00 AM - 5:30 AM UTC

[R3-10]

Determination of nitrogen solubilities in pyrolitic lower-mantle minerals and implications for the formation process of a nitrogen reservoir

*Ko FUKUYAMA¹, Hiroyuki Kagi², Tetsuo Irifune³, Toru Shinmei³, Naoto Takahata⁴, Yuki Inoue⁵, Junji Yamamoto¹, Johan Villeneuve⁶, Evelyn Füre⁶ (1. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University, 2. Geochemical Research Center, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 3. Geodynamics Research Center, Ehime University, 4. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 5. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 6. CNRS, CRPG, Université de Lorraine)

2:30 PM - 2:45 PM JST | 5:30 AM - 5:45 AM UTC

[R3-11]

Development of a real-time constraint of the sample thickness under high pressure through measurement of the elastic velocities of Ferropicrinite by GHz-DAC ultrasonics

*Ryoma Ishida¹, Akira Yoneda¹, Ryosuke Matsui¹, Shuei Akahoshi¹, Tadashi Kondo¹ (1. The University of Osaka)

2:45 PM - 3:00 PM JST | 5:45 AM - 6:00 AM UTC

[R3-12]

Cold SiO₂-rich slabs reaching the CMB revealed by the seifertite phase boundary

*Ryosuke SINMYO¹, Saori Kawaguchi-Imada², Rei Sato³, Keisuke Otsuru³, Kenji Kawai³, Hiroshi Sakuma⁴, Shigeru Suehara⁴, Takayuki Ishii⁵, Shuhou Maitani¹ (1. Meiji University, 2. JASRI, 3. Univ. Tokyo, 4. NIMS, 5. Okayama Univ.)

3:00 PM - 3:15 PM JST | 6:00 AM - 6:15 AM UTC

[R3-13]

Velocity measurement of high-pressure ice by GHz-DAC velocity measurement method

*Ryosuke Matsui¹, Akira Yoneda¹, Izumi Mashino², Ryoma Ishida¹, Syuei Akahoshi³, Tadashi Kondo¹ (1. Graduate School of Science, Osaka University, 2. Institute for Planetary Materials, Okayama University, 3. Osaka Univ. Sci.)

Oral presentation | R3: High-pressure science and deep Earth's material

📅 Wed. Sep 10, 2025 2:00 PM - 3:15 PM JST | Wed. Sep 10, 2025 5:00 AM - 6:15 AM UTC 🏠 Oral Presentation B (Room No. 28)

R3: High-pressure science and deep Earth's material

Chairperson: Takeshi Sakai (Ehime University), Ryosuke Sinmyo (Meiji University), Takayuki Ishii (Okayama University)

◆ Invited Lecture

2:00 PM - 2:30 PM JST | 5:00 AM - 5:30 AM UTC

[R3-10] Determination of nitrogen solubilities in pyrolitic lower-mantle minerals and implications for the formation process of a nitrogen reservoir

*Ko FUKUYAMA¹, Hiroyuki Kagi², Tetsuo Irifune³, Toru Shinmei³, Naoto Takahata⁴, Yuki Inoue⁵, Junji Yamamoto¹, Johan Villeneuve⁶, Evelyn Füre⁶ (1. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University, 2. Geochemical Research Center, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 3. Geodynamics Research Center, Ehime University, 4. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 5. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 6. CNRS, CRPG, Université de Lorraine)

Keywords : Nitrogen、Lower mantle、Bridgmanite、Ferropericlasite、Redox state

窒素は地球大気の78 vol%を占め、生命の必須元素であるが、依然として地球内部における振る舞いについては未解明な部分が多い。特に、コンドライト組成で規格化された地球の窒素存在量は、炭素や水と比較して1桁以上枯渇していることが知られている (Marty, 2012)。これは “missing” nitrogenと呼ばれる地球化学の未解決重要課題となっている。この窒素の枯渇の原因の一つとして下部マントルに窒素の貯蔵庫があると考えられ、Ca-perovskite, bridgmanite, magnesiowüstiteといった下部マントル鉱物の窒素溶解度が実験から決定されてきた (Yoshioka et al., 2018; Fukuyama et al. 2023; Rustioni et al., 2024)。しかし、下部マントルの化学組成を代表するpyrolite (Fe/(Mg+Fe) = 0.1~0.3) 的な鉱物の窒素溶解度は未報告であり、実際の下部マントルの窒素貯蔵能力を議論することができない状態にある。

本研究は、下部マントルで1番目と2番目に多く存在するbridgmanite及びferropericlasiteにおける窒素溶解度と鉄固容量の関係を決定することを目的とし、超高压高温実験と二次イオン質量分析を行った。超高压高温実験には愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター設置のマルチアンビル高压発生装置を使用し、28 GPa、1400 °C–1600 °Cの条件で合成実験を行った。試料の周りにFe-FeO bufferを配置することによって、実験中は下部マントル相当の酸化還元状態に制御した。急冷回収試料の窒素定量分析をするにあたり、bridgmaniteにはCRPGの高分解能SIMSを、ferropericlasiteには大気海洋研究所のNanoSIMSをそれぞれ使用した。急冷回収試料の相同定には九州大学のラマン分光装置を使用した。

その結果、bridgmaniteの窒素溶解度は鉄の固容量に応じて一次関数的に増加することが分かった。しかし、pyrolite的なbridgmaniteの窒素溶解度は約10 ppmほどであり、“missing” nitrogenを解決できるだけの窒素を下部マントルに貯蔵できないことが分かった。

一方、ferropericlasiteの窒素溶解度は鉄の固容量に応じて指数関数的に上昇することが分かった。先行研究ではferropericlasite (Fe# ≈ 0.3)の窒素溶解度は最大で17 ppmであったが (Rustioni et al., 2024)、本研究では、ferropericlasite (Fe# = 0.28)の窒素溶解度が 1.0×10^4 ppmに及んだ。このようなbridgmaniteよりもferropericlasiteがはるかに大きい窒素溶解度を

誇る要因として、pyroliteモデルにおいてbridgmaniteよりもferropericlaseに多く鉄が分配されることが考えられる (e.g., Irifune et al., 2010)。以上の結果から、ULVZといった下部マントルのFeOをはじめとした鉄に富んだ局所的な領域 (e.g., Tanaka et al., 2020)だけでなく、下部マントル全体が最有力の窒素の貯蔵庫になることが強く提案された。さらに、“missing” nitrogenを解決するために十分な窒素量を下部マントルに貯蔵できることが分かった。

Oral presentation | R3: High-pressure science and deep Earth's material

📅 Wed. Sep 10, 2025 2:00 PM - 3:15 PM JST | Wed. Sep 10, 2025 5:00 AM - 6:15 AM UTC 🏠 Oral
Presentation B (Room No. 28)

R3: High-pressure science and deep Earth's material

Chairperson: Takeshi Sakai (Ehime University), Ryosuke Sinmyo (Meiji University), Takayuki Ishii (Okayama University)

2:30 PM - 2:45 PM JST | 5:30 AM - 5:45 AM UTC

[R3-11] Development of a real-time constraint of the sample thickness under high pressure through measurement of the elastic velocities of Ferropericlasite by GHz-DAC ultrasonics

*Ryoma Ishida¹, Akira Yoneda¹, Ryosuke Matsui¹, Shuei Akahoshi¹, Tadashi Kondo¹ (1. The University of Osaka)

Keywords : GHz-DAC ultrasonics、Finite Element Method

現在、我々は高圧下音速測定手法の1つであるGHz-DAC超音波法の開発を進めている。本手法では、弾性波が試料間を通過する時間(トラベルタイム)と試料が通過した距離に当たる試料厚みの2つから音速を決定できる。直接測定が難しい試料厚みの測定において、有限要素法によるダイヤモンドアンビルの変形量を加味することで試料厚みを見積もる手法の開発を行った。本発表では、開発したその場試料厚み測定の詳細とGHz-DAC超音波法でのフェロペリクレーズ試料の音速測定の結果を報告する。

Oral presentation | R3: High-pressure science and deep Earth's material

📅 Wed. Sep 10, 2025 2:00 PM - 3:15 PM JST | Wed. Sep 10, 2025 5:00 AM - 6:15 AM UTC 🏠 Oral
Presentation B (Room No. 28)

R3: High-pressure science and deep Earth's material

Chairperson: Takeshi Sakai (Ehime University), Ryosuke Sinmyo (Meiji University), Takayuki Ishii (Okayama University)

2:45 PM - 3:00 PM JST | 5:45 AM - 6:00 AM UTC

[R3-12] Cold SiO₂-rich slabs reaching the CMB revealed by the seifertite phase boundary

*Ryosuke SINMYO¹, Saori Kawaguchi-Imada², Rei Sato³, Keisuke Otsuru³, Kenji Kawai³, Hiroshi Sakuma⁴, Shigeru Suehara⁴, Takayuki Ishii⁵, Shuhou Maitani¹ (1. Meiji University, 2. JASRI, 3. Univ. Tokyo, 4. NIMS, 5. Okayama Univ.)

Keywords : SiO₂, high pressure and high temperature, X-ray diffraction measurement, seifertite

シリカ(SiO₂)成分に富み、かつ冷たい沈み込みスラブは核マントル境界上部に顕著な不均質を生じさせ、地球マントルの物理・化学的進化に影響を及ぼすと考えられる。沈み込んだスラブは、SiO₂の高密度相への相転移、ザイフェルタイト相転移に伴い、マントル最下部で縦波・横波地震波速度に特徴的な異常を示すと考えられている。しかし、SiO₂系ではしばしば準安定相が出現するため、正確な相転移深度は未だ明らかになっていない。この長年の課題を解決するため、私たちはレーザー加熱と高速X線回折測定を精密に同期したレーザー加熱式ダイヤモンドアンビルセル高温高圧力実験、および理論計算を組み合わせた研究を行った。結果は、(1)ザイフェルタイト相境界のクラペイロン勾配は従来推定されていたものよりも緩やかであること、(2)スラブの地温はザイフェルタイト相境界を2回通過することが明らかになった。これはポストペロブスカイト相転移境界で報告されているdouble crossingと類似している。地震波観測の結果、中央アメリカに観察される冷たいスラブにザイフェルタイト転移の深度範囲と一致する縦波・横波地震波速度の逆相関(anti-correlation)を観察した。これは冷たく、シリカ成分に富むスラブが核マントル境界に向かって下降している最初の直接的な証拠である。また、初期地球において若い核中にSiO₂が結晶化した際、ザイフェルタイトよりも浮力のある多形が結晶化した可能性が考えられる。

Oral presentation | R3: High-pressure science and deep Earth's material

📅 Wed. Sep 10, 2025 2:00 PM - 3:15 PM JST | Wed. Sep 10, 2025 5:00 AM - 6:15 AM UTC 🏛️ Oral
Presentation B (Room No. 28)

R3: High-pressure science and deep Earth's material

Chairperson: Takeshi Sakai (Ehime University), Ryosuke Sinmyo (Meiji University), Takayuki Ishii (Okayama University)

3:00 PM - 3:15 PM JST | 6:00 AM - 6:15 AM UTC

[R3-13] Velocity measurement of high-pressure ice by GHz-DAC velocity measurement method

*Ryosuke Matsui¹, Akira Yoneda¹, Izumi Mashino², Ryoma Ishida¹, Syuei Akahoshi³, Tadashi Kondo¹ (1. Graduate School of Science, Osaka University, 2. Institute for Planetary Materials, Okayama University, 3. Osaka Univ. Sci.)

Keywords : ultrahigh pressure、 sound velocity measurement、 high-pressure ice

We have been developing and refining a method for measuring elastic wave velocities in samples by combining the GHz ultrasonic technique—one of the velocity measurement methods with a diamond anvil cell (DAC), a high-pressure generation device. In this study, we aimed to advance the measurement technique using this GHz-DAC acoustic method to measure sound velocities under pressures ranging from liquid H₂O up to the high-pressure solid phase, ice VII. These measurements are expected to provide fundamental data essential for future subsurface exploration missions of icy planets and for discussions related to the Earth's subducting slabs.

In this presentation, we report on the applicability of the GHz-DAC acoustic method and the results of its application to actual H₂O samples.