

PPS025-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

斜長石とかんらん石の相対強度と地球型惑星内部のレオロジー層構造 Strength contrast between plagioclase and olivine and rheological structure of the terrestrial planets

東 真太郎^{1*}, 片山 郁夫¹

Shintaro Azuma^{1*}, Ikuo Katayama¹

¹ 広島大学理学研究科地球惑星システム学専攻

¹ Hiroshima University

大陸リソスフェアの強度断面は地震の発生領域や地殻とマントルのカップリングを支配しており、地球内部のダイナミクスを理解する上で重要な鍵になると考えられる (Burgmann and Dresen, 2008)。地球内部のレオロジー構造は、温度・圧力などの物理量に加え、地殻、マントルの化学組成による層構造に依存し、結果として強いレオロジーの層形成につながる。これまでの変形実験により脆性・延性遷移が推定されており、深さにより岩石レオロジー、変形メカニズムが異なることが報告されている。これまで地殻・マントル強度断面に関する先行研究では、主に2つの仮説が立てられている。1つは、上部地殻と最上部マントルが脆性領域、下部地殻が塑性変形領域である、ジャムのサンドイッチ説である (e.g., Chen and Molnar, 1983)。もう1つの仮説は、マントルが弱く塑性変形領域であり、地殻の脆性破壊領域の下は塑性変形領域が続くというクレームブリュレ説である (Jackson, 2002; Burov and Watts, 2006)。上述した2つの強度モデルは摩擦則とそれぞれの鉱物の流動則を用いて、地球内部の温度・圧力条件に外挿することによって求められている。本研究では、地殻・マントル境界でのレオロジー変化を流動則の外挿によるのではなく、高压変形実験により検証し、斜長石とカンラン石の強度を直接決定する実験を行う。実験条件は圧力 1 GPa、温度 400-800 °C の条件で斜長石とオリビンの出発物質を同時にアルミナピストンに挟み、相対的な強度を決定する。実験後の変形微細組織から、斜長石とオリビンはどちらも格子選択配向を示し、転位密度からも斜長石とオリビンは転位クリープに対応する塑性変形をしていることが確認された。実験結果としては、400 °C においてオリビンは斜長石より強度が低いが、一方で 800 °C においては、オリビンより斜長石の方が柔らかくなった。これまで斜長石はオリビンより柔らかいと考えられてきた (Brace and Kohlstedt, 1980)、そして、それは power-law タイプの流動則による外挿からも示されている。しかし、私たちの実験結果から比較的低温側ではオリビンが斜長石より柔らかくなりえることがわかった。 (Azuma et al., 2010)。ケイ酸塩鉱物のような比較的強い結合を持つ鉱物においては、低温でパイレスメカニズムが支配的になることが知られている (Tsen and Carter, 1987)。変形メカニズムマップによると、低温でオリビンの変形メカニズムがこのパイレスメカニズムに支配されていると考えられる。それゆえ、斜長石とオリビンの強度比は低温で逆転した可能性が高い。いくつかの天然の観察でも斜長石とオリビンの強度比が逆転していることを示すものがある。その1つとしてオマーンのオフィオライトにおけるオリビンマトリックス中で斜長石がブーディン構造をしているものが挙げられる。これは、ある条件で斜長石がオリビンより強度が高くなることを示唆している。この観察結果は私たちの実験結果と調和的である。結果として、斜長石とオリビンの強度比は温度に依存することが示された。そして、地球のモホ面に対応する温度圧力条件では斜長石よりオリビンの方が強度が低い、もしくは、ほとんど強度に差がないという結果が得られた。この結果から、地球の大陸リソスフェアの地殻・マントルのレオロジー層構造のモデルとして適切であるのは「クレームブリュレモデル」であることが考えられる。

今後の計画として、地球だけでなく金星のような地球型惑星の強度断面を考察するために、私たちはドライの条件で実験を行おうと考えている。金星は質量、密度、体積、そして太陽からの距離などから地球と似た惑星だと考えられている (Taylor and McLennan, 2008)。しかしながら、近年の観測から金星は地球とはかなり異なる地形を持ち、さらにプレートテクトニクスが働いていない可能性が高いことがわかっている。先行研究として、金星リソスフェアの挙動はドライなダイアベースの室内変形実験から、金星の温度圧力条件に外挿することで推察されてきた (e.g. Mackwell et al. 1998)。私たちは外挿によるのではなく、ドライな条件で斜長石とオリビンの相対強度を2相系の変形実験より直接明らかにし、その結果と金星のような惑星と地球との違いを強度断面の観点から報告する予定である。

キーワード: 強度断面, 地球型惑星, レオロジー, かんらん石, 斜長石

Keywords: strength profile, terrestrial planet, rheology, olivine, plagioclase

PPS025-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

マーチソン隕石中のヒボナイト包有物の SEM-EDS 観察：初期太陽系における同位体混合過程の解明に向けて Petrographic observations of hibonite-bearing inclusions from Murchison using SEM-EDS.

比屋根 肇^{1*}, 佐々木翔吾¹

Hajime Hiyagon^{1*}, Shogo Sasaki¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科

¹ The University of Tokyo

原始太陽系星雲からの凝縮過程において、ヒボナイトは最も初期に凝縮する鉱物のひとつである。したがって、ヒボナイトを含む難揮発性包有物は、太陽系形成の最初期の情報を持っている可能性がある。マーチソン隕石 (CM2) から見つかったヒボナイトを含む包有物は、形態学的に、SHIB (スピネル - ヒボナイト包有物)、PLAC (ヒボナイト板状結晶)、BAG (ヒボナイト青色凝集物) などに分類され (Ireland, 1988)、それぞれの形態に対応した著しい同位体的特徴を持つことが報告されている (Ireland, 1988; Liu et al, 2009)。すなわち、PLAC および BAG は、カルシウムやチタン、あるいはマグネシウム ($\delta^{25}\text{Mg}$) に大きな同位体異常を示す一方、 $^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al}$ 比は低いか負の値を示す。これに対し、SHIB は、 $^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al}$ 比はほぼカノニカル値を示す一方、カルシウム、チタンなどに同位体異常は見られない。これらの特徴は、初期太陽系における異なる同位体組成をもつリザーブの存在と、それらの混合・同位体均一化の過程を反映していると考えられる。

本研究では、初期太陽系における同位体混合と均一化の過程をさらに詳しく調べるため、マーチソン隕石 (CM2) からヒボナイトを含む包有物を取り出した。約 10 グラムのマーチソン隕石を凍結融解法 (フリーズソー) により粉碎した。ハンドマグネットにより磁性粒子を除去したのち、ヨウ化メチレン (比重 3.3) を用いて重液分離した。回収された重いフラクションの中から、実体顕微鏡のもとでヒボナイト (青色～淡青色に見える) を含むと思われる粒子をハンドピックで選び出した。SEM-EDS により予備的な観察をおこなったのち、それら数十個の粒子を円形 (25mm 径) のスライドガラスの上に樹脂で固定し、まず光学顕微鏡により観察した。その後、それらの粒子を同時に研磨し、SEM-EDS により詳細な観察・分析をおこなった。粒子の内訳は、SHIB 21、PLAC 3、BAG 2、SHIB あるいは BAG 3、未分類 2 であり、他にスピネルに富む難揮発性包有物やスピネルの単一結晶が数個ある。本発表では、それら粒子の岩石組織的特徴についての観察結果を、先行研究の例と比較しながら詳しく紹介する。これらのヒボナイト粒子に対しては、近々 Al-Mg 同位体分析などをおこなう予定である。

References: Ireland T. R. (1988), *Geochim. Cosmochim. Acta* 52, 2827-2839. Liu et al. (2009), *Geochim. Cosmochim. Acta* 73, 5051-5079.

キーワード: ヒボナイト, 難揮発性包有物, 同位体異常, アルミ - マグネシウム年代, マーチソン隕石

Keywords: hibonite, refractory inclusion, isotopic anomaly, Al-Mg chronology, Murchison meteorite

PPS025-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

非晶質ケイ酸塩の加熱結晶化に伴う赤外吸収スペクトルの進化 Evolution of infrared spectra in crystallization by heating of amorphous magnesium silicates

今井 悠太^{1*}, 小池 千代枝¹, 茅原 弘毅¹, 中牟田 義博², 土山 明¹

Yuta Imai^{1*}, Chiyoeko Koike¹, Chihara Hiroki¹, Yoshihiro Nakamura², Akira Tsuchiyama¹

¹ 阪大・理・宇宙地球, ² 九大・博

¹ Earth and Space Sci., Osaka Univ., ² Kyushu University Museum, Kyushu Univ.

星周におけるダストの性質は、赤外線天文観測とダスト候補物質の室内実験結果の比較から推定される。それにより、晩期星や若い星の星周領域では結晶質及び非晶質シリケートの存在が確認されており、その主要な鉱物としては、Mgに富むオリビン ($(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$) やパイロキシン ($(\text{Mg, Fe})\text{SiO}_3$) が考えられている (e.g., Waelkens et al. 1996; Waters et al. 1996)。これらの結晶質シリケートの形成プロセスとして非晶質シリケートの結晶化という過程を考えることができる。例えば、若い星の周りの結晶質シリケートは、観測結果からほぼ完全に非晶質であるとされている星間空間の非晶質シリケート (Kemper et al. 2004) が、原始惑星系円盤に取り込まれ、円盤内で何らかの加熱プロセスを受けることにより結晶化するということが考えられる。また晩期星の星周の結晶質シリケートもまた、星の質量放出によりガスから凝縮した非晶質物質が加熱を経ることで結晶化したものであると考えることができる。

このような星周の結晶質シリケートダストがどのような物理化学環境で形成されたのか、またどのようなプロセスを経て結晶化したのかを調べ、星周の物理化学的環境を推定するためには、室内実験によって非晶質シリケートの結晶化プロセスを調べることが重要である。また、近年 T-Tauri 型星の赤外天文観測の結果を詳細に解析することにより、星周におけるシリケートの非晶質と結晶質の量比や鉱物種の空間的な分布について、10 μm および 20 μm 近傍での赤外吸収スペクトルの違いをもとにした議論が行われるようになってきている (e.g. Olofsson et al., 2010)。このような星周のシリケートダストの性質について厳密に議論するために、これまで行われてきた非晶質物質、結晶質物質それぞれの赤外吸収特性についてだけでなく、その中間段階である非晶質からの結晶化過程における赤外吸収スペクトルの特徴について、詳細に調べる必要がある。

本研究では、マグネシウムシリケートの非晶質からの結晶化過程において結晶化の進行度合いとその赤外吸収スペクトルフィーチャーの変化について詳細に調べた。出発物質としては高周波誘導熱プラズマ法 (日清エンジニアリング) を用いて作成したフォルステライト組成 ($\text{Mg/Si} = 2/1$) 及び、エンスタタイト組成 ($\text{Mg/Si} = 1/1$) の非晶質シリケートを用いた。これらの出発物質を空気雰囲気において様々な温度・時間条件で加熱することで結晶化させ、その結晶化過程における結晶性を粉末X線回折及び赤外分光測定から推定した。また、各結晶化段階における赤外吸収スペクトルフィーチャーの変化について波長域ごとに結晶化進行の度合いとの関係を調べた。その結果、フォルステライト組成物質の赤外吸収スペクトルの 10 μm 近傍のフィーチャーと 20 μm 近傍のフィーチャーでは、加熱結晶化に伴って 20 μm 近傍のフィーチャーのほうが、非晶質から結晶質のピークへ早く変化した。一方で、エンスタタイト組成物質の赤外スペクトルには、加熱結晶化過程において同様の傾向は見られなかった。得られた結果を用いて、T-Tauri 型星の赤外天文観測の結果を解釈し、星周における非晶質からの結晶の形成について議論する。

キーワード: 赤外吸収スペクトル, ダスト, 結晶化実験, 非晶質シリケート

Keywords: infrared, dust, crystallization, amorphous silicate

PPS025-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

エアロジェル中の衝突トラック形状と入射粒子密度の関係: Wild 2 彗星塵の密度推定

Density Estimation from Impact Track Morphology in Silica Aerogel: Application to Dusts of Comet 81P/Wild 2

新居見 励¹, 門野 敏彦^{2*}, 土山 明¹, 長谷川 直³, 田端誠³, 町井 渚⁴, 中村 昭子⁴, 渡辺隆行⁵, 八木下 将史⁵, 奥平 恭子⁶
Rei Niimi¹, Toshihiko Kadono^{2*}, Akira Tsuchiyama¹, Sunao Hasegawa³, Makoto Tabata³, Nagisa Machii⁴, Akiko Nakamura⁴,
Takayuki Watanabe⁵, Masashi Yagishita⁵, Kyoko Okudaira⁶

¹ 大阪大学理学研究科, ² 大阪大学レーザーエネルギー学研究センター, ³ 宇宙航空研究開発機構, ⁴ 神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻, ⁵ 東工大総合理工学, ⁶ 公立大学法人 会津大学

¹Osaka University, ²Institute of Laser Engineering, ³Japan Aerospace Exploration Agency, ⁴Kobe University, ⁵Tokyo Institute of Technology, ⁶The University of Aizu

Cometary dust particles of Wild2 have been successfully collected and returned in Stardust Mission [Brownlee et al. (2006) Science 314, 1711-1726]. Hypervelocity capture (6.1 km/s) of those particles mandated various degrees of heating, fragmentation and evaporation of the projectiles during their capture process in silica aerogel [Zolensky et al. (2006) Science 314, 1735-1739]. Nevertheless, an impact track formed by each particle can be an indicator of its original properties [Horz et al. (2006) Science 314, 1716-1719]. Particle size dependence of track properties has been studied in several papers [Burchell et al. (2009) Planet. Space. Sci. 57, 58-70; Horz et al. (2009) Meteor. Planet. Sci. 44, 1243-1264] and impact tracks in Stardust aerogel formed by several sized soda lime glass beads of different sizes were used for calibration of Wild2 dust size distribution [Burchell et al. (2008) Meteor. Planet. Sci. 43, 23-40]. In the work of Iida et al. [(2010) Meteor. Planet. Sci. 45, 1302-1319], three-dimensional structures of Stardust impact tracks were analyzed and Wild2 dust density was estimated based on their track formation model. However, density dependence of track properties has not been investigated precisely yet. Therefore, we carried out impact experiments into silica aerogel (20 mg/cc) using projectiles of several densities in order to clarify the relation between projectile properties (size and density) and track morphology. The experiments were carried out with a two-stage light-gas gun at ISAS, JAXA. The projectiles we used were bubble glass (0.5 g/cc) polystyrene (1.06 g/cc), sintered silica (~1.3 g/cc), soda lime glass (2.5 g/cc), alumina (3.9 g/cc), and copper (8.9 g/cc). All the projectiles except for sintered silica were spherical in shape. Size of these impactors ranged from ~0.03 to ~0.1 mm in diameter and they were fired into 20 mg/cc silica aerogel at ~6 km/s to simulate the capture of Wild2 dust. All the individual impact tracks were observed with an optical microscope. The results show that track length (Lt) depends on projectile size and density while maximum track width (Dm) mainly depends only on projectile size. Therefore, aspect ratio (Lt/Dm) does not change with projectile size, but only with projectile density. This means that when we estimate projectile properties from a track shape, Lt/Dm is a good indicator of projectile density. This can be applicable for Stardust impact tracks; densities of Wild2 dust particles are estimated by examining the relation between projectile density and aspect ratio of a track in Stardust aerogels.

PPS025-P05

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

微惑星弧状衝撃波：コンドリュール形成の加熱メカニズム II Planetesimal Bow Shocks: A Heating Mechanism for Chondrule Formation II

中島 静¹, 中本 泰史^{1*}

Shizuka Nakajima¹, Taishi Nakamoto^{1*}

¹ 東京工業大学

¹Tokyo Institute of Technology

We simulated the bow shock excited around the planetesimal moving with supersonic velocity relative to the nebula gas, and examined whether dust grains are heated enough to melt and become chondrules.

Chondrules are millimeter sized spherical silicate particles that constitute up to 80% of chondrite in volume. Although they must have experienced heating and then melting to account for their spherical shapes and their textures, the heating source remains to be solved. Some kind of heating events must have happened in their formation age, about 4.56 billion years ago, because the temperature of the nebula gas was a few hundred kelvins at that time, which is too low to melt dust grains.

The shock wave heating model is the one of the ideas for the heating mechanism, which explains the observational constraints for chondrule formation properly. However, no reliable sources of shocks are still confirmed.

In this study, we focused on the planetesimal bow shock as the source of the shock. The idea of the bow shock excited by the supersonic planetesimal with respect to the nebula gas is offered by Hood (1998) and Weidenschilling et al. (1998) and the only numerical study so far for the planetesimal bow shock is conducted by Ciesla et al. (2004). They simulated the bow shocks in two-dimensional Cartesian coordinate system, regarding the planetesimal as a cylinder, and calculated the thermal history of a dust grain in one dimensional shock model by using the shock properties given by their simulation.

In order to analyze quantitatively the possibility of the planetesimal bow shock for chondrule formation, we conducted hydrodynamic simulations in axisymmetric spherical coordinate system, regarding a planetesimal as a sphere, and calculated the thermal history of a dust grain along its trajectory with various impact parameters. The flow around the supersonic planetesimal was simulated by using the ZEUS-2D code (Stones & Norman 1992) with various velocities, densities and planetesimal sizes.

As a result, we restricted the possible chondrule formation region in the gas density - gas relative velocity parameter space. In addition, we found the possible impact parameter range in which dust grains could melt. By using these results, we estimated the total amount of chondrules that could be made by planetesimal bow shocks. About one earth mass of dust grains could be heated to melting point by bow shocks under the scenario that supersonic planetesimals with high eccentricity was excited by Jovian resonances (Marzari & Weidenschilling 2002). We concluded that the planetesimal bow shocks are still possible chondrule formation site.

キーワード: 微惑星, 衝撃波, コンドリュール

Keywords: planetesimal, shock wave, chondrule

PPS025-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 10:30-13:00

乳酸水溶液の円偏光紫外線照射実験：光安定性、ラセミ化、不斉分解 UV-CPL irradiation experiment of lactic acid: photostability, racemization, and asymmetric decomposition

蔡 承亨^{1*}, 藪田ひかる¹, 阿達正浩², 全炳俊², 加藤政博²

Shoko Sai^{1*}, Hikaru Yabuta¹, Masahiro Adachi², Heishun Zen², Masahiro Katoh²

¹ 大阪大学, ² 分子科学研究所 (極端紫外光研究施設)

¹ Osaka University, ² UVSOR

序論: Cronin and Pizzarello (1997) によって炭素質コンドライト中にL型アミノ酸の過剰が検出されて以来、宇宙に不斉の起源を求める研究が発展している。特に、星形成領域における円偏光の発見 (Bailey, 1998; Fukue, 2010) に伴い、アミノ酸またはアミノ酸前駆物質の円偏光照射実験によるエナンチオマー過剰の検出が盛んに行われてきた (Takano et al. 2007; Takahashi et al. 2009)。しかし、円偏光による不斉の発現機構やその物理化学、またアミノ酸以外の宇宙有機物の不斉発現可能性については、あまり研究が行われていない。近年、炭素質隕石中に乳酸のL型過剰 (3-12%) が検出された (Pizzarello, 2010)。そこで本研究では、乳酸の不斉の原因に関連付けるための基礎研究として、乳酸水溶液の円偏光紫外線照射実験を行った。

実験: D/L 比が 1:1 の DL 乳酸水溶液 0.02 mM、D-乳酸水溶液 0.01 mM、L-乳酸水溶液 0.01 mM を調製した。各試料を 4 ml ずつ石英セルに加え、円偏光紫外線照射実験を行った。光源には、分子科学研究所、極端紫外光研究施設 (UVSOR) BL5U の自由電子レーザーから発生する左・右円偏光を用いた。波長 215nm、10 - 200mWh のエネルギーで照射を行った。実験後、照射試料水溶液の 100 μ l を高速液体クロマトグラフィー (HPLC) /UV 検出器 (254 nm) で測定した。乳酸の光学異性体を分割するために、D-ペニシラミンを ODS シリカに化学結合させたキラル配位子交換型 HPLC 用カラム (SUMICHIRAL, OA-5000) を用いた。溶離液には硫酸銅水溶液 1 mM を用いた。クロマトグラムにおける試料ピークの保持時間およびピーク面積を、標準物質と比較することによって、同定・定量を行った。

結果と考察: いずれの試料についても、照射エネルギーが高くなるにつれて乳酸の濃度は指数関数的に減少し、乳酸の光分解が進行していることが示唆された。100 mW 照射後の乳酸濃度は出発濃度の 1 % を下回り、ほとんど消失していた。左・右円偏光で濃度の減少傾向は見られなかった。また、D-乳酸にそれぞれ左・右円偏光を照射すると、L-乳酸が生じ、照射エネルギーが高くなるにつれて D/L 比が 1:1 に近づくことが見出された。L-乳酸の照射についても同様にその逆の結果が見られた。この現象は、照射する円偏光の左右に関係なく見られたことから、紫外線によって乳酸分子が脱プロトン化され、立体構造が失われた状態に再びプロトンが結合する、ラセミ化が進んでいると考えられる。ラセミ化は DL 乳酸でも起こっているはずである。以上をまとめると、乳酸は、円偏光照射により光分解、不斉分解、ラセミ化が同時に進み、最終的にあるエナンチオマー過剰率に収束すると考えられる。本研究では、DL 乳酸の円偏光照射後、D/L 比にわずかな変化を見出すことができた。このエナンチオマー過剰率が有意な値であるか誤差であるかを判別するのは、現段階では難しかった。もし有意な値であれば、円偏光は乳酸においても最初の微小な不斉を誘発するきっかけとなった可能性が考えられ、アミノ酸に関する先行研究 (Flores et al. 1977) と調和的な結果といえる。

参考文献:

- Cronin J. R. and Pizzarello S. 1997. *Science* 275, 951-955.
- Takano et al. 2007. *Earth Planet. Sci. Lett.* 254, 106-114.
- Takahashi et al. 2009. *Int. J. Mol. Sci.* 10, 3044-3064.
- Pizzarello S. 2010. *Geochim. Cosmochim. Acta* 74, 6206-6217.
- Bailey J. et al. 1998. *Science* 281, 672-674.
- Fukue T. et al. 2010. *Orig. Life Evol. Biosph.* 40, 335-346.
- Flores et al. 1977. *JACS* 99:11, 3622-3625.

キーワード: ホモキラリティー, 円偏光, 乳酸, 光安定性, ラセミ化, 不斉分解

Keywords: homochirality, circular polarized light, lactic acid, photostability, racemization, asymmetric decomposition