

原始惑星系円盤内での衝撃波による氷微惑星の蒸発 Evaporation of icy planetesimals due to planetesimal bow shocks in a protoplanetary disk

田中 今日子^{1*}, 山本 哲生¹, 三浦 均², 長沢 真樹子³, 中本 泰史³, 田中 秀和¹

TANAKA, Kyoko^{1*}, YAMAMOTO, Tetsuo¹, MIURA, Hitoshi², NAGASAWA, Makiko³, NAKAMOTO, Taishi³, TANAKA, Hidekazu¹

¹ 北海道大学低温科学研究所, ² 東北大学大学院理学研究科, ³ 東京工業大学

¹Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, ²Department of Earth Sciences, Tohoku University, ³Tokyo Institute of Technology

惑星形成の標準的なシナリオによると、中心星をとりまく原始惑星系円盤からダスト微粒子が集まり km サイズ以上の微惑星が形成される。この微惑星はさらに衝突合体を繰り返し、1000km サイズの原始惑星へと成長する。このような惑星成長過程は円盤ガスの中で起こる。円盤ガス中において微惑星同士の重力相互作用により、微惑星の離心率が大きくなると、円盤ガスと微惑星との間に相対速度が生じる。この相対速度が音速を越えると、微惑星の進行方向前面の円盤ガス中に衝撃波（微惑星衝撃波）が発生する。この微惑星衝撃波は惑星成長期において原始惑星系円盤が散逸するまで頻繁に発生すると考えられる。

微惑星衝撃波に関する従来の研究では、主に隕石の始原粒子の起源に関連し、衝撃波面に突入するダスト微粒子の熱進化に着目してきた。一方、衝撃波後面で加熱されたガスが微惑星を吹きつけることにより、微惑星本体が加熱し蒸発が起きる可能性がある。もし蒸発が効率的に起きれば、惑星成長が阻害されるため従来の惑星形成シナリオに影響を与えるだろう。また微惑星蒸発により大量のダストが放出されれば、新しいダスト発生機構となり観測にも影響を与える可能性がある。

本研究では原始惑星系円盤中における微惑星衝撃波による微惑星の加熱と蒸発を記述するモデル化を行い、衝撃波の強さと微惑星の蒸発率との関係等について調べた。衝撃波が発生すると、衝撃波後面の円盤ガスは高温になり微惑星表面に流れる。この高温ガスからの加熱により微惑星の表面物質の温度が蒸発温度を越えると表面から蒸発が起きる。蒸発したガスはやがて冷えて再凝縮し氷微粒子となって円盤ガスに放出される。以上のプロセスを経て、微惑星全体は縮小する。

円盤モデルとして最小質量モデルを用いた場合、snow line の外側となる軌道長半径 3-4AU 付近において、衝撃波速度が数 km/s 以上になると、氷微惑星の表面温度は 200K 程度まで上昇し、100km サイズの氷微惑星は数百万年以下で蒸発する。原始惑星の寡占的成長期には、微惑星の離心率が上昇するため、氷微惑星の蒸発が効率的に起きることが分かった。大きな微惑星はガス抵抗があまり効かないために離心率がより高くなる。その結果、数地球質量以上の原始惑星の周りでは 100km サイズ以上の微惑星の蒸発が効率的に起きる。

本研究の結果は、周りの微惑星が蒸発するため原始惑星がガス惑星を作る臨界コアまで成長できず、円盤内側において木星型惑星の形成が困難になることを示唆する。また微惑星蒸発が効く領域は小惑星帯付近と一致するため、snow line より外側にある岩石質の小惑星の存在や多様な酸化還元状態を説明するかもしれない。

キーワード: 原始惑星系円盤, 微惑星, 衝撃波, 蒸発

Keywords: protoplanetary disk, planetesimal, shock wave, evaporation

In-situ observation of DCPD crystal (010) surface dissolution during transformation into HAP in solution In-situ observation of DCPD crystal (010) surface dissolution during transformation into HAP in solution

Meiyun Cui^{1*}, Katsuo Tsukamoto¹, Hitoshi Miura¹, Yuki Kimura¹
CUI, Meiyun^{1*}, TSUKAMOTO, Katsuo¹, MIURA, Hitoshi¹, KIMURA, Yuki¹

¹Graduate School of Science, Tohoku University

¹Graduate School of Science, Tohoku University

Biom mineralization is a biological process by which living organisms make use of organic matrix, such as peptides and proteins, to control the formation of functional minerals. The mineral brushite (DCPD) has been found under pathological conditions in kidney stones, some forms of arthritis, and caries. It has been proposed that brushite is a transient precursor for phase hydroxyapatite (HAP), which is the major inorganic component of bone and dental tissues. In recent years, the transformation mechanism from DCPD to HAP has attracted many attentions. The transformation from DCPD to HAP can be divided into two processes: dissolution of DCPD and precipitation of HAP. However, many researchers considered only the effect of interfacial energy on the transformation process from DCPD to HAP in solution and there were few literatures about kinetics of dissolution of DCPD. The purpose of this study is to reveal the details of fundamental process of the dissolution and the effects of bioorganic on the dissolution during transformation. For the purpose, we carried out in situ observations of dissolution of DCPD in solution by using the following microscopes. The phase shift interferometer (PSI) was used to measure the dissolution rate of DCPD crystal. Phase contrast microscope (PCM) and atomic force microscope (AFM) will be used to observe the change of crystal surface in atomic scale, e.g., the formation and growth of etch pit during dissolution process.

Firstly, we prepared the plate-like DCPD crystal around 2 mm in size by a simple precipitation method. The (010) surface of DCPD crystal during dissolution in solution has been in situ observed by PCM, PSI and AFM under different undersaturation, pH value, and concentration of Tris(hydroxymethyl)aminomethane. The reason why we chose Tris is that it is an organic compound and a primary amine, which can be widely used in biochemistry and molecular biology.

From in situ observation by PCM, we observed the triangle, quadrilateral, and trapezoidal etch pits on the (010) crystal surface under different conditions. We found that at the case of triangle etch pit, the step velocities, of [101], [-100] and [10-1] steps on the (010) surface are different in spite that the solution condition is the same. Especially, [-100] step has the fastest step velocity, which is opposite to the former report. It was also found that the step velocities increased evidently when two or three etch pits merged. In addition, the experimental data demonstrated that the dissolution rate normal to the (010) face became slower after adding Tris in solution. Therefore, it is considered that the effect of impurity on the crystal surface during dissolution process is very important, which may further change the crystal habit. Finally, these findings are helpful for us to further understand the mechanism of biom mineralization.

キーワード: Biom mineralization, DCPD crystal, dissolution, in-situ observation, etch pit

Keywords: Biom mineralization, DCPD crystal, dissolution, in-situ observation, etch pit

初期太陽系内の水 - 物質間反応の基準：太陽酸素同位体比 Oxygen isotopic composition as a fundamental reference marker in water-material chemical interaction.

小嶋 稔^{1*}, 鈴木 建², 山田 明憲¹

OZIMA, Minoru^{1*}, SUZUKI, Takeru², YAMADA, Akinori¹

¹ 東京大学理学部地球惑星科学, ² 名古屋大学大学院理学研究科

¹Earth & Planetary Sciences, University of Tokyo, ²Physics Department, Nagoya University

初期太陽系内の水 - 物質化学相互作用の理解には、その相互作用の物理化学プロセスをたどる議論の基準になる太陽の平均的な酸素同位体組成の理解が不可欠である。これ迄は慣例的に SMOW (標準海水) が用いられて来たが、此の値が太陽の平均的な酸素同位体組成 (ソーラー酸素同位体比) と同じかどうかは確かでなく、現在宇宙化学の基も深刻な問題の一つとなっている [eg.,1,2]。その解決を目指し GENESIS ミッションが遂行され、太陽風 (SW) 中の酸素同位体比の精密な測定に成功した [3,4,5]。

然しこの GENESIS の実験値からソーラー酸素同位体比を結論するには、太陽風 (SW) と太陽自体の同位体比分別の補正が必要となる。GENESIS の結果解析にはこの補正は行われていない。我々は、SW - 太陽間の元素同位体比分別の分別係数を希ガス同位体比に基づいて求めた。此の分別係数を GENESIS の酸素同位体比に適用すると、GENESIS で結論された酸素同位体比は大幅な変更が必要となる。この結論から我々は太陽の平均的な酸素同位体組成は CAI の酸素同位体比に等しいとする仮説を支持せず、むしろ地球や惑星物質 (含隕石) の値に近い事を示している。

[1] Clayton, R.N., *Nature* **415**, 860-861 (2002). [2] Ozima M., Podosek F.A., Higuchi T., Q.-Z. Yin, and Yamada A., *ICARUS* **186**, 562-570, (2007). [3] Heber V. et al., *Geochimica et Cosmochimica Acta* **73**, 7414-7432 (2009). [4] Heber V. et al., *Meteoritics and Planetary Science* **46**, 493-512 (2011). [5] McKeegan K.D. et al., *Science* **332**, 1528-1532 (2011).

キーワード: 酸素同位体比, 希ガス, 太陽, ソーラーネブラ

Keywords: Oxygen isotope, noble gas, Sun, solar nebula

原始惑星系円盤におけるダスト分離をともなう凝縮と化学分別 Condensation with dust/gas separation and chemical fractionation in a protoplanetary disk

永原 裕子^{1*}

NAGAHARA, Hiroko^{1*}

¹ 東京大学 地球惑星科学専攻

¹Dept. Earth Planet. Sci., The Univ. Tokyo

The inner edge of a protoplanetary disk is the region where all the solids are vaporized, where condensation/evaporation plays a critical role in chemical evolution of dynamic disk. We have investigated chemical evolution of dust and gas with a kinetic condensation model (Nagahara and Ozawa, 2008, 2009) and kinetic parameters determined by condensation/evaporation experiments by our group. The model is based on the Hertz-Knudsen equation and mass balance between solid and gas in a cooling gas. Free parameters are cooling time of the system, total pressure and gas/dust separation efficiency, which is tentatively expressed by the critical size of dust separation.

The results show that there are three regimes in terms of chemical fractionation; one is the regime where no chemical fractionation takes place due to very fine grain size of condensing dust, one where no chemical fractionation takes place due to very large dust size, and one where effective fractionation takes place depending on the cooling time scale and critical dust separation size. The cooling rate and critical size for dust separation can be regarded as the relative velocity of gas around the inner edge, thus the dynamics of gas.

We discuss the conditions to achieve chemical fractionation among chondrites.