

PPS002-09

会場: 301A

時間: 5月27日09:27-09:39

## エンスタタイトおよびフォルステライト組成をもつ非晶質シリケート微粒子の加熱結晶化過程

### Crystallization processes by heating from amorphous silicate nanoparticles with enstatite and forsterite compositions

今井 悠太<sup>1\*</sup>, 小池 千代枝<sup>1</sup>, 茅原 弘毅<sup>1</sup>, 野口 高明<sup>2</sup>, 野口 遼<sup>1</sup>, 土山 明<sup>1</sup>

Yuta Imai<sup>1\*</sup>, Chiyoe Koike<sup>1</sup>, Hiroki Chihara<sup>1</sup>, Takaaki Noguchi<sup>2</sup>, Ryo Noguchi<sup>1</sup>, Akira Tsuchiyama<sup>1</sup>

<sup>1</sup>阪大・理・宇宙地球, <sup>2</sup>茨城・理

<sup>1</sup>Earth and Space Sci., Osaka Univ, <sup>2</sup>College of Science, Ibaraki University

赤外線天文観測と星周ダスト候補物質の室内実験結果の比較から、晩期星や若い星の星周領域において結晶質及び非晶質シリケートの存在が確認されている。星周ダストの主要な結晶質シリケートとしては、オリビン( $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$ )やパイロキシン( $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{SiO}_3$ )が考えられている(e.g., [1, 2])。一方で、観測結果から星間空間においてダストはほぼ完全に非晶質であるとされている[3]。非晶質シリケートは結晶質シリケートの前駆物質と考えられることから、星間空間のダストが原始惑星系円盤に取り込まれ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。また晩期星の星周においても、星の質量放出によりガスから非晶質の固体が凝縮し、それが何らかの加熱を経ることで結晶化するというプロセスが考えられている。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のが重要である。

今回我々は、エンスタタイト(En)組成 ( $\text{Mg}/\text{Si}=1/1$ ) 及びフォルステライト(Fo)組成 ( $\text{Mg}/\text{Si}=2/1$ )の非晶質シリケートを、高周波誘導熱プラズマ法(日清エンジニアリング)によって作製した。作成した試料を電界放出型操作電子顕微鏡で観察したところ、粒子の形状は球形で、サイズはどちらも直径50-200 nmであった。作成した試料を大気雰囲気において温度650 - 850°Cで10分から240時間加熱し結晶化させた。その結果、 $\text{Mg}/\text{Si} = 1$ の試料ではクリノエンスタタイト( $\text{MgSiO}_3$ )が、 $\text{Mg}/\text{Si} = 2$ の試料ではフォルステライト( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ )が結晶化した。また、透過型電子顕微鏡で観察した結果、結晶化したエンスタタイトには積層欠陥が見られた。

En, Foのそれぞれの組成について赤外吸収スペクトルを測定し、そのフィーチャーの変化から結晶化の進行の程度を推定した。この結晶化率をJohnson-Mehl-Avrami式で近似し、各温度での結晶化の時定数 $\tau$ , キネティックパラメタ $n$ を求め、アレニウスプロットすることにより、結晶化の活性化エネルギー $E_a$ と振動定数 $\nu_0$ を求めた。その結果、Enの活性化エネルギーは $8 \times 10^4$ (K)となり、Foの活性化エネルギーはEnのものよりもファクターで低い値となった。また、EnとFoの $n$ の値はそれぞれ約2.4および1.4となった。

また、求めた( $E_a, \nu_0$ )を用いてT T T (Time-Temperature-Transformation) ダイアグラムを作り、ゾルーゲル法で作成した非晶質シリケートについての従来の加熱実験の結果[4,5]と比較した。これにより、非晶質シリケートからの結晶化において、活性化エネルギーは $E_a(\text{En}) > E_a(\text{Fo})$ であり、同じ温度での結晶化時間( $\tau$ )は $\tau(\text{En}) > \tau(\text{Fo})$ であることが示唆され、キネティックパラメタが $n(\text{En}) \sim 2.5$ ,  $n(\text{Fo}) \sim 1.5$ であることからEnは核形成と拡散律速成長の、Foでは核

成長を伴わない拡散律速成長の結晶化過程が起こっていると考えられる。

- [1] Waelkens, C., et al. 1996, A&A 315, L245.
- [2] Waters, L. B. F. M., et al., 1996, A&A 315, L361
- [3] Kemper, F., et al. 2004, ApJ 609, 826.
- [4] Murata et al., 2009b, ApJ., 697, 836
- [5] Murata et al., 2007, ApJ., 668, 285,