

珪酸塩の結晶化過程における結晶 - 非結晶間の元素分配

Elemental distribution between crystal and amorphous phases in crystallization process of silicate

高倉 崇 [1]; 村田 敬介 [1]; # 茅原 弘毅 [2]; 小池 千代枝 [3]; 土山 明 [4]

Takashi Takakura[1]; Keisuke Murata[1]; # Hiroki Chihara[2]; Chiyoeko Koike[3]; Akira Tsuchiyama[4]

[1] 阪大・理・宇宙地球; [2] 阪大・理・宇宙地球; [3] 阪大理; [4] 阪大・院理・宇宙地球

[1] Earth and Space Sci., Osaka Univ.; [2] Dept. of Earth and Space Sci., Osaka Univ.; [3] Osaka University; [4] Earth and Space Sci., Osaka Univ.

近年の赤外線天文学における分光観測によると、晩期星や若い星の星周には非晶質のダストと結晶質のダストの両方が存在することがわかっている。一方、観測的には星間塵にはほとんど全く結晶相は含まれておらず、ほぼ全てが非晶質であるといわれている (Kemper et al. 2004)。おそらく若い星の周りのダストは、このような星間塵に起源を持つ非晶質ダストが集積したものであると考えられるが、一部は結晶化していることが観測的に示されている (Honda et al. 2003 など)。さらに多くの観測から、星周に存在する結晶化シリケートダストの化学組成は極めてマグネシウムに富んだものであり、ほとんど鉄を含まないことが確認されている (Molster et al. 2002 など)。

星周塵が太陽組成を代表するような化学組成を持ったガスから凝縮したと仮定すれば、マグネシウムと共に主要な元素である鉄が結晶質ダストに含まれないことは、結晶質ダストが観測によって発見された当初から、未解決の非常に大きな問題のひとつとされている。

若い星の周りの結晶質ダストは、それ以前に集積していた鉄とマグネシウムを含む非晶質ダストが何らかの加熱過程を経験して形成されたと考え、加熱による非晶質相の結晶化過程における鉄とマグネシウムの挙動が、最終的に形成される結晶相の化学組成に大きな影響を与えると期待される。

そこで本研究では、マグネシウムと鉄を含んだ非晶質シリケートを作成し、段階的に加熱しながら結晶化させ、マグネシウムと鉄が非晶質相と結晶質相のどちらに分配されるのかを実験的に検証した。まず、MgO-SiO₂-FeO系 (Mg : Si : Fe=1.07 : 1.0 : 0.39) の非晶質シリケートをゾルゲル法を用いて作成した。これは (MgO+FeO):SiO₂ 比が 1.5 : 1 程度となり、オリビンとパイロキシンの中間の化学組成をもったものである。これを、鉄が2価となるよう H₂-CO₂ の混合ガスを用いて酸素雰囲気制御し 700 °C で加熱を行った。加熱時間を変化させることで結晶化の程度が異なるいくつかの試料を得た。これらの実験生成物を赤外線吸収分光法 (IR) と X 線粉末回折法 (XRD) を用いて分析し、結晶化度 (結晶-非晶質の質量比) と化学組成を決定した。

分析の結果、結晶化が飽和するまで加熱を行っても、結晶相として生成された物質はオリビン (Mg,Fe)₂SiO₄ のみであることがわかった。また、結晶化度と化学組成の相関から、マグネシウムは結晶相に、鉄は非晶質相に分配されやすいことがわかった。

このことは、星周の結晶化シリケートの化学組成が非常にマグネシウムリッチであるという観測結果を、実験的に初めて検証したという意味で極めて重要である。