

Title	Crystallization processes of Circumstellar Silicate Dust
Author(s)	村田, 敬介
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/11094/1590
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	むら た けい すけ 村 田 敬 介
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学位記番号	第 2 2 7 0 9 号
学位授与年月日	平成 21 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科宇宙地球科学専攻
学位論文名	Crystallization processes of circumstellar silicate dust (星周塵珪酸塩の結晶化過程)
論文審査委員	(主査) 教 授 土山 明 (副査) 教 授 松田 准一 教 授 芝井 広 教 授 近藤 忠 准教授 大高 理

論文内容の要旨

赤外線宇宙天文台 (ISO, 1995-1998) による天文観測によって、若い星や晩期星の星周領域に存在する珪酸塩固体微粒子 (星周塵) は一部結晶化していることが発見され、星周塵の鉱物種やその環境におけるプロセスについて議論できるようになった。鉱物学的特徴はその塵の形成された環境の物理的・化学的環境を反映している。このような星周塵の鉱物学を取り扱う分野を「宇宙鉱物学」と呼ぶ。この論文では特に非晶質珪酸塩が星周領域において結晶化するプロセスに注目する。珪酸塩の場合、1000 K程度で結晶化することが知られており、結晶化プロセスはこのような高温プロセスを理解するためのよい指標となることが期待される。我々は室内実験により合成した非晶質珪酸塩を加熱することで、星周塵珪酸塩の結晶化過程を模擬し、様々な考察を行った。

まず、我々はエンスタタイトの結晶化を調べ、結晶化度の定量と Johnson-Mehl-Avrami 式を用いた解析から、結晶化の時定数を求めた。さらにエンスタタイトの結晶化の活性化エネルギーを求めた。その結果、若い星の周りの原始惑星系円盤では、内側の領域でのみ結晶化が進み得ること、晩期星の周りでは塵の凝縮地点のすぐ近傍で結晶化が止まってしまい、最終的な結晶化度は凝縮温度に非常に強く依存することが示唆された。

我々の実験で得られた、非晶質珪酸塩から結晶化させたエンスタタイトの赤外スペクトルは、これまでに測定されている単結晶試料を破砕した試料を用いた実験結果とは異なっていた。透過型電子顕微鏡観察によると、スペクトルの違いは本実験の試料に存在する積層不整によるものだと考えられる。晩期星の観測スペクトルと本実験の試料のスペクトルが非常に一致を示すことから、晩期星の星周塵エンスタタイトには同様に高密度の積層不整が入っているのだと考えられる。

さらに我々は、鉄を含んだ非晶質珪酸塩の結晶化実験を起こった。その結果から、星周塵の結晶化はその前駆物質である非晶質珪酸塩の特性、特に結晶子の有無や鉄の量に強く依存することを示した。

最後に、我々は鉄を含んだ非晶質珪酸塩からマグネシウムに富んだオリビンが結晶化し得ることを実験的に初めて示した。天文観測の結果から、鉄を含んだ非晶質珪酸塩と鉄をほとんど含まずマグネシウムに富んだ結晶質珪酸塩が星周に存在することが分かっていたが、なぜ結晶質珪酸塩がそのような組成を持つかは解明されていなかった。我々の実験結果が示している結晶化過程に伴う結晶質/非晶質間の Mg/Fe 分配は、星周における両者の共存状態をうまく説明できる。

若い星や晩期星の周りには、サブミクロンの固体微粒子 (ダスト) が観測されている。これらの星周塵は、かつては非晶質ケイ酸塩のみからなると考えられていたが、赤外線観測手法の発展により、カンラン石や輝石などの結晶質ケイ酸塩を含むことが知られるようになった。星周領域で、このような結晶質ケイ酸塩がどのようにして生成されたかを明らかにするために、これまで非晶質ケイ酸塩の加熱による結晶化実験がおこなわれてきたが、それらはいずれも定性的あるいは半定量的なものであった。本論文では、このような加熱実験において、実験生成物の赤外線吸収を用いて結晶化の程度を定量的に求める方法を開発し、結晶化がどのような温度・時間でおこるかを、世界で初めて定量的に求めた。これにより、晩期星の周りで観測されている非晶質と結晶質ケイ酸塩との存在比を説明することができた。更に、結晶化に伴うカンラン石と非晶質ケイ酸塩との間の Fe-Mg の元素分配を実験的に明らかにし、かねてから問題であった非晶質ケイ酸塩の Fe/Mg 比に制限を与えた。今後、非晶質ケイ酸塩の組成範囲などを変えた実験をおこなうことにより、若い星や晩期星の周りでの結晶化のプロセスを、具体的かつ定量的に議論できることを示したことにも、本論文の大きな意義がある。

よって、本論文は博士 (理学) の学位論文として十分価値あるものと認める。