



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Crystallization Kinetics of Amorphous Silicate and Alumina Dust in Protoplanetary Disks [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	小林, 航大
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第15283号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89590
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Kodai_Kobayashi_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 小 林 航 大

審査担当者	主 査	教 授	坂 本 尚 義
	副 査	教 授	永 井 隆 哉
	副 査	准教授	川 崎 教 行
	副 査	教 授	橘 省 吾（東京大学大学院理学系研究科）

学 位 論 文 題 名

Crystallization Kinetics of Amorphous Silicate and Alumina Dust in
Protoplanetary Disks

（原始惑星系円盤における非晶質ケイ酸塩およびアルミナダストの結晶化速度論）

博士学位論文審査等の結果について（報告）

珪酸塩ダストは宇宙環境で最も主要な固体物質の一つであり、アルミナダストはより高温の熱プロセスを記録しているとされる難揮発性物質の中で支配的な構成要素である。これらのダストは、太陽系形成過程においても様々な熱プロセスを受け、変化した結晶質粒子や、結晶化を経験せずに生き残った非晶質粒子として、始原的隕石中に多く観察されている。したがって、これら隕石中で観察される粒子の宇宙環境での熱進化を調べるために、非晶質珪酸塩の結晶化に関する実験的研究が多くおこなわれてきた。しかしながら、エンスタタイト組成の非晶質ケイ酸塩の結晶化に対する周辺雰囲気の影響は十分理解されておらず、原始惑星系円盤におけるアルミナダストの結晶化および相転移についてもほとんど議論されていない。

本論文では、円盤を模した低圧水素、水蒸気圧下での非晶質エンスタタイトの結晶化実験をおこない、得られた加熱試料の赤外スペクトルを用いて結晶化速度を定量的に評価することで、結晶化に対する周辺雰囲気の効果进行研究した。その結果、実験温度領域では低圧雰囲気や水蒸気が結晶化を促進する可能性を示したが、円盤においては、非晶質エンスタタイトの結晶化に対する活性化エネルギーが極めて大きいため、周辺ガスの結晶化への影響は小さく、結晶質エンスタタイトダストは円盤で珪酸塩ダストが経験した良い温度指標(>950–1000K)となることがわかった。

一方、非晶質アルミナの結晶化および準安定アルミナの相転移については、加熱試料のXRD パターンのピーク面積を用いて結晶化速度や相転移速度を定量的に評価した。その結果、非晶質アルミナの結晶化および準安定アルミナ(γ -アルミナ)の相転移に対する活性化エネルギーはそれぞれ 314、427 kJ/mol であることが示された。円盤においては、 γ -アルミナは~850–1000K の温度領域で、 α -アルミナは~1000–1100K よりも高温な円盤内側領域のみで形成されることが示唆され、非晶質アルミナおよび準安定アルミナは非晶質珪酸塩が生き残るような温度領域(<~950–1000K)において十分維持されることがわかった。さらに、得られた結晶化速度をアルミナ粒子の酸素同位体交換速度と比較すると、円盤に取り込まれたプレソーラーアルミナダストの多くは酸素同位体交換を経験してから結晶化、相転移することがわかった。これは隕石の観察で太陽系起源のコランダム粒子がプレソーラーコランダム粒子よりも多く観察されていることと整合的である。

これらの結果は隕石中に観察される粒子や円盤で観測されるダスト分布に対して新たな制約を与える基礎的かつ定量的なものであるといえる。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。