

巻頭言 Astromineralogy —— 宇宙における固体物質の進化の解明へ

最近の天文観測の進展は、宇宙における物質科学について飛躍的な情報の増大をもたらした。この分野が“系外惑星系”とともに、天文学・惑星科学を統合したサイエンスの新しい目標となることを示唆している。

星の進化において固体物質が形成されるのは、主として2つの異なるステージである。一つは赤色巨星以降の質量放出期の外周である。後者には超新星も含む。ISOやすばるの赤外線スペクトルによる観測結果によると、酸素に富むAGB星のアウトフロー中ではフォステライト+クライノエンスタタイト (~100K)が、ポストAGB星の circumstellar dust shell では非晶質珪酸塩+フォステライト+エンスタタイト+H₂O氷、あるいはフォステライト+エンスタタイトが、惑星状星雲ではPAH+(olivine+pyroxene)が報告されている。そのほか個別的にはディオプサイド、コランダム、カルサイトなどの鉱物の存在も指摘されている。

もう一つは初期太陽系星雲のような若い星のまわりである。太陽の数倍程度の質量のある単独のHerbig Ae/Be星では基本的には500K程度にあるとみられる非晶質珪酸塩+PAH(星間のPAHとは異なる)が報告され、結晶質物質は少量であって、その性格は天体により、フォステライト+エンスタタイト、SiO₂、含水珪酸塩などと異なるが、星の年齢と結晶質物質の度合いは無関係といわれている。SED(spectrum energy distribution)の解析によると、ディスクの構造には2種類があり、全体として光学的に薄く、中心星がディスクを照らし外側に広がっているディスクと、ディスク内側が光学的に厚く、星の輻射をさえぎるため光学的に薄い部分のディスクが広がらないものがあるという。光学的に薄い領域では小さなダストが存在し、光学的に厚い領域には大きなダスト、広がった領域は低温で、非晶質ダストが存在すると考えるとSEDがうまく説明されるという。また、HD100546という10⁷年程度の星では、SEDの解析から、木星のような惑星が形成され、ディスクにすき間ができ、木星と微惑星の衝突でダストがディスクの外に放出され、数100A.U.あたりでふたたびディスクにふってくるため、外側のほうに結晶質ダストが多くなっていると考えられている。一方太陽程度の質量のTタウ星では、輝石あるいは非晶質珪酸塩+輝石、すばるによりHondaらが調べたHEN3-600Aではフォステライト+エンスタタイト、SiO₂、非晶質珪酸塩などが存在すると推定されている。

現状では、これらの観測をそのまま鵜呑みにしてよいかどうかはやや疑問のあるところである。というのは、物質の同定には実験室において測定した鉱物などの光学定数を用いるわけだが、同じ鉱物であってもラボにより異なる値であったり、モデル計算ではかなり大きな温度依存性、異方性、サイズ依存性などが推定されているにもかかわらず、実験では十分に測定されておらず、とりあえず入手可能な値が用いられていることが多い。また最近ではSEDのフィッティングに用いる物質の種類が多くなり、上述のようなパラメータの多さに対し十分に解析しきれないはずなのに、物質種が同定されている、など今後改善の余地が十分あると思われる。

このようにまだ途についたところではあるが、ダストの観測の進展、とりわけ、観測の空間分

解能の向上は、星の進化と物質の進化(星雲内の空間的情報、物質の種類、サイズ、温度の関係)、星雲の構造や惑星形成過程などについて今後貴重な情報をあたえてくれることはまちがいない。この夏、その名のとおり Astromineralogy という書籍が Lecture Notes in Physics の一巻として出版された。また、日本において開催される Goldschmidt Conference に、われわれは astromineralogy 観測の旗手である F.M.L.V. Waters 氏(アムステルダム大学)を招待し、議論を深める予定である。さらに関係者による共同研究計画など、日本においてもこの分野を活発化させようとしている。実験室においては結晶質珪酸塩鉱物と非晶質珪酸塩物質の形成条件、両者の間の変化の条件や速度、珪酸塩鉱物と PAH など炭素化合物の共存の条件、フォルステライト・エンスタタイト・ SiO_2 という鉱物の存在支配する要因が温度なのか、圧力なのか、ガス組成なのか、などを明らかにし、星の進化と固体物質の進化を明らかにしてゆきたいと考えている。

永原 裕子 (東京大学大学院理学系研究科)