

氷微惑星衝撃波加熱の ALMA による観測的検証法 Diagnosing Evaporation of Icy Planetesimals due to Shock Heating in Protoplanetary Disks by ALMA Observations

野村 英子^{1*}; 石本 大貴²; 長沢 真樹子¹; 田中 今日子³; 三浦 均⁴; 中本 泰史¹; 田中 秀和³;
山本 哲生⁵

NOMURA, Hideko^{1*}; ISHIMOTO, Daiki²; NAGASAWA, Makiko¹; TANAKA, Kyoko³; MIURA, Hitoshi⁴;
NAKAMOTO, Taishi¹; TANAKA, Hidekazu³; YAMAMOTO, Tetsuo⁵

¹ 東京工業大学, ² 京都大学 / 東京工業大学, ³ 北海道大学, ⁴ 名古屋市立大学, ⁵ 神戸大学

¹Tokyo Institute of Technology, ²Kyoto University / Tokyo Institute of Technology, ³Hokkaido University, ⁴Nagoya City University, ⁵Kobe University

原始惑星形成後、周囲の氷微惑星は重力相互作用により軌道進化し、円盤ガス中に衝撃波をおこす。この衝撃波により氷微惑星は加熱され、蒸発すると考えられ、氷微惑星の蒸発率や軌道進化に関する研究が行われてきた (Tanaka et al. 2013, Nagasawa et al. 2014)。本研究では、ダスト表面分子の気相への蒸発を初期条件とした、非平衡・時間発展する気相化学反応計算を行い、氷微惑星の蒸発により気相に放出された分子およびその娘分子を ALMA で観測することにより、氷微惑星の衝撃波加熱を検証する可能性について調べた。

宇宙空間において衝撃波により氷分子が蒸発する過程は、例えば若い星に付随するアウトフロー中の衝撃波面などで良く調べられてきた。蒸発した分子は、分子イオンとの気相反応、あるいは低温下ではダストへの凍結により気相から減少する。分子イオンとの気相反応による減少の時間尺度はおおよそ 1 万年なのに対し、ダストへの凍結の時間尺度は、ダスト量にも依存するが、円盤赤道面では 1 万年よりも十分に短い。従って蒸発した分子は、その分子の凍結温度よりも高温領域では 1 万年程度気相中に存在し、低温領域ではすぐにダストに凍結する。ダスト表面分子としては、有機分子あるいは窒素や硫黄を含む分子などがあるが、ダスト凍結温度は分子によって異なり、例えば有機分子は水と同様、比較的高温 (>150K) である。ここでは、円盤ガス中の存在量が比較的低くかつダスト凍結温度はあまり高くない、硫黄を含む分子に着目した。

硫黄を含むダスト表面分子として H₂S があるが、計算の結果、蒸発した H₂S は気相反応により壊され硫黄原子になった後、酸素分子あるいは OH と反応して SO および SO₂ を生成した。この時間尺度は 1 万年程度であり、H₂S や SO の蒸発温度よりも高い領域で氷微惑星の衝撃波加熱が起きた場合、H₂S や SO の輝線はそのよいトレーサーとなることが示された。一方 SO₂ は H₂S や SO に比べてダスト凍結温度が高い。よって SO₂ の凍結温度よりも低温領域では、SO₂ はダスト密度に応じた時間尺度でダスト表面に凍結するため、その輝線強度はダスト密度のトレーサーになる可能性が示された。

原始惑星系円盤からの分子輝線のこれまでの電波観測では、H₂S, SO, SO₂ 輝線はまだ未検出であったが、ALMA による高感度・高空間分解能観測は、これらの輝線の検出が可能になると期待される。本講演では、H₂S, SO 分子輝線などが ALMA 観測で検出できる条件について議論する予定である。

キーワード: 原始惑星系円盤, 氷微惑星蒸発, 星間化学

Keywords: protoplanetary disks, evaporation of icy planetesimals, astrochemistry