

衝撃波による氷微惑星の蒸発：水分子輝線による加熱

Evaporation of planetesimals due to bow shocks: heating by line emissions of water molecules

田中 今日子^{1*}, 田中 秀和¹, 山本 哲生¹, 三浦 均², 中本 泰史³, 山崎 布美香³, 長沢 真樹子³

Kyoko Tanaka^{1*}, Hidekazu Tanaka¹, Tetsuo Yamamoto¹, Hitoshi Miura², Taishi Nakamoto³, Fumika Yamazaki³, Makiko Nagasawa³

¹ 北海道大学低温科学研究所, ² 東北大学, ³ 東京工業大学

¹Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, ²Tohoku University, ³Tokyo Institute of Technology

惑星形成の標準的なシナリオによると、中心星をとりまくガス円盤（原始惑星系円盤）において、氷と岩石物質から成るダスト微粒子が集積してキロメートルサイズ以上の微惑星が形成される。微惑星はさらに衝突合体を繰り返し1000kmサイズ以上の原始惑星へと成長する。このような惑星成長過程は円盤ガスの中で起こり、微惑星同士の重力相互作用により軌道が円軌道から楕円軌道となると円盤ガスとの微惑星との間に相対速度が生じるようになる。この相対速度が音速を越えると、微惑星の進行方向前面に衝撃波（微惑星衝撃波）が発生する。この微惑星衝撃波は惑星成長長期に頻繁に発生すると考えられる。

微惑星衝撃波により円盤ガスは急激に加熱され、そのガスは微惑星本体を加熱する。我々は惑星形成期において氷微惑星の蒸発が頻繁に起こり、観測や惑星形成のシナリオに大きな影響を与える可能性があることを明らかにした [1]。また微惑星の蒸発時間が微惑星の加熱率を決定するスタントン数に大きく依存することを示した。微惑星の加熱プロセスとしてガスからの熱伝導を考えた場合、加熱率はオーダーで見積もることができるが、乱流などによる効果を定量的に評価することは難しい。

ガスからの熱伝導以外の加熱源として、微惑星周辺からの輻射が考えられる。衝撃波後面の高温部において分子の輝線による輻射が微惑星表面に直接届き吸収されることで、微惑星表面を効率的に加熱する可能性がある。そこで本研究ではガス分子からの輝線による微惑星への加熱について調べた。ガス分子の輝線の候補として水分子や一酸化炭素などが考えられるが [2]、原始惑星の寡占的成長期に発生する秒速数 km 程度の衝撃波の場合には、衝撃波後面の温度領域は1000K以下であること、また氷微惑星の蒸発により衝撃波後面において水分子密度が上昇することなどから、特に水分子振動の輝線が効くことが分かった。水分子からの輝線放射は密度、温度の関数として与えられており、それを衝撃波後面領域において積分することによりガスからの輻射が得られ微惑星への加熱率が求まる。微惑星周囲のガス温度と密度分布は微惑星衝撃波を再現した2次元流体計算結果から得られた近似式を用いた [3]。本結果は、水分子からの輝線による加熱がガスからの熱伝導と同程度かそれ以上に微惑星加熱に効くことを示す。

[1] K. K. Tanaka, T. Yamamoto, H. Miura, M. Nagasawa, T. Nakamoto, and H. Tanaka, the *Astrophysical J.*, 2013, 764, 120

[2] H. Miura, and T. Nakamoto, *Icarus*, 2005, 175, 289

[3] F. Yamazaki, Master's thesis, Tokyo Institute of Technology, 2013

キーワード: 衝撃波, 微惑星, 蒸発, 水分子, 輝線

Keywords: bow shock, planetesimal, evaporation, water molecule, line emission