

P205a 表層降着円盤におけるダスト昇華による円盤ガスの重元素濃縮

池田義隆 (東京科学大学), 大野和正 (国立天文台), 奥住聡 (東京科学大学)

ガス惑星の大気元素組成はその形成過程を探る鍵である。JWST などによる系外の恒星近傍ガス惑星の大気観測では、質量の小さい惑星ほど大気中の重元素濃度が高い傾向が見られ、中には主星の数十倍以上の重元素濃度を持つ惑星も複数発見されている (e.g., Kempton & Knutson 2024)。高い重元素濃度の起源の一つは、雪線内側でのダスト昇華による重元素濃集である。これまでのガス惑星大気形成に関する理論研究は、粘性降着円盤とダストの高い付着力を仮定し、高い重元素濃縮の説明を試みてきた。しかし、これらの理論が予言する濃縮度はせいぜい数倍~10倍程度にとどまり、観測される高い濃縮度は説明できていない。

本研究では、磁気降着円盤による新たなガス重元素濃縮シナリオを提案する。近年の磁気流体シミュレーションは、ガス降着が電離度の高い円盤表層付近に集中する可能性を示している。このような表層降着円盤では、ガスよりもダストが円盤に長期残留する傾向にある (Okuzumi 2025)。我々はダストに含まれる水の昇華・凝縮を新たに考慮し、表層降着円盤におけるガスの重元素濃縮度を調べた。

その結果、ガスが一様に降着する円盤ではスノーライン内側の水蒸気濃度が最大 2 wt% に留まるのに対し、表層降着円盤では最大 20 wt% に達することがわかった。また、後者の円盤では、円盤質量が大きい間は水蒸気濃度が初期円盤を下回るが、質量が減るにつれて濃縮が進行し、最大で 50 倍まで達する。この傾向は、観測されるガス惑星の高い重元素濃縮と定性的に調和する。また、形成される惑星の質量が円盤の残留ガス量に比例するならば、観測される系外惑星の質量と大気中重元素濃度の相関も定性的に説明しうる。