

表層降着円盤における水蒸気濃縮度進化の恒星質量依存性

○池田 義隆¹ 大野 和正² 奥住 聡¹ (1.東京科学大学 2.国立天文台)

JWSTなどの観測から、多くの系外ガス惑星の大気が高い金属量を持ち(e.g., Feinstein et al. 2023; Bean et al. 2023; Fu et al. 2024)、大気金属量が惑星質量と反相関していることが示されている(e.g., Welbanks et al. 2019; Kempton & Knutson 2024; Fu et al. 2025; Lothringer et al. 2026)。従来、この反相関の起源として微惑星降着による大気汚染が考えられてきた(Fortney et al. 2013; Mordasini et al. 2016)。我々は近年の磁気流体シミュレーションで示唆されるガス降着の円盤表層への集中(表層降着; Okuzumi 2025)を考慮した円盤モデルを構築し、表層降着円盤では円盤質量と水蒸気濃縮度に反相関が現れることを明らかにした(Ikeda et al. 2026, in press)。これは系外惑星大気の質量-金属量反相関を説明する新たな機構となりうる。

従来の微惑星説と我々の新シナリオを区別する鍵として、我々は金属量-惑星質量関係の恒星質量依存性に注目している。微惑星説では反相関が円盤局所領域のプロセスに起因するため、恒星質量依存性は弱いと期待される。一方、表層降着円盤における水蒸気濃集は大局的な円盤進化を反映するため、恒星質量に応じて異なる反相関が現れる可能性がある。実際、系外惑星大気の観測データを恒星質量ごとに分類すると、小質量惑星の大気金属量が恒星質量に依存する傾向が見られる。

本研究では、表層降着円盤における水蒸気濃縮度の進化が恒星質量にどのように依存するかを調べた。恒星光度・円盤初期半径などのパラメータの恒星質量依存性を仮定し、様々な恒星質量に対してダスト成長・氷輸送・水蒸気濃縮度の進化を計算した。計算の結果、前主系列星の光度-質量関係を仮定した場合、恒星質量0.1-3太陽質量のいずれでも水蒸気濃縮度の反相関が生じることが分かった。一方、水蒸気濃縮度の最大値は恒星光度とは異なるパラメータを介して恒星質量依存性が現れる可能性が高いことも明らかになった。本講演では、円盤観測から示唆される円盤パラメータの恒星質量依存性に基づいて、現実的な水蒸気濃縮度の最大値、並びに観測の惑星大気トレンドとの関連についても議論する予定である。