

P233a 短周期系外惑星大気における窒素と硫黄の同時濃集・塩の熱解離の影響

中澤 風音 (東京工業大学), 大野 和正 (国立天文台), 奥住 聡 (東京工業大学)

惑星の大気組成はその形成過程や、原始惑星系円盤における元素輸送の歴史を保持している。Warm Neptune, WASP-107b は JWST による観測で NH_3 および SO_2 が検出され、窒素と硫黄の双方が超太陽的濃縮度 (≥ 5 solar) であることが示された短周期系外惑星である (Dyrek et al. 2023)。円盤で主要な硫黄キャリアが FeS のような難揮発性物質であることから、惑星の高い硫黄濃度は微惑星降着など固体降着プロセスに由来するとされてきた。一方、円盤で主要な窒素キャリアの N_2 は昇華温度が 30 K の高揮発性物質であり、固体から容易に失われるため、固体降着で窒素を濃縮することは困難である。

円盤内側において窒素・硫黄濃縮の起源になりうるのが彗星や分子雲で検出が進むアンモニウム塩である。この塩は約 200 K で熱解離する半揮発性物質であり、彗星では NH_4SH が最も豊富であると報告されている (Altwegg et al. 2022)。これら塩の解離する軌道近傍では気相中で窒素に加え硫黄濃度も上昇するため、惑星はガス降着によって窒素や硫黄に富む大気を獲得できる可能性がある。高温巨大惑星における窒素・硫黄濃集過程を明らかにするため、本研究では揮発性成分に加えアンモニウム塩を含む円盤の物質輸送過程を計算した。氷の昇華・再凝縮を伴う円盤ガス・ダスト進化に塩の解離を組み込み、各軌道・時刻における元素組成を求めた。その結果、 NH_4SH 解離軌道の近傍で窒素・硫黄濃度の双方が太陽値の数倍となることが分かった。この軌道は水雪線の近傍に位置し、水雪線の内側では N,S に加え O も超太陽的濃度となる。得られた元素比を元にした惑星大気中での光化学計算により、水雪線内側の惑星大気中では NH_3 に加え SO_2 が WASP-107b の観測値に匹敵する体積混合率となることが分かった。このことは塩が円盤内側で窒素・硫黄源として働いていた可能性を示している。