

COに富むデブリ円盤における原始ガス残留モデルの熱化学的制約

○三谷 啓人^{1,2} 大山 航³ 仲谷 峻平⁴ Kuiper Rolf¹ 細川 隆史³ (1.University of Duisburg-Essen 2.東京大学 3.京都大学 4.University of Milan)

近年、数十 Myr 程度の年齢のA型星まわりでCOに富んだデブリ円盤が発見されてきている。原始惑星系円盤に由来するガスは数 Myr 程度で散逸すると考えられてきた。そのため、COに富むデブリ円盤のガス起源としては、主に二つの可能性が議論されている。一つは、微惑星などの破壊・脱ガスによりCOが供給される二次ガスモデルである。この場合、COは紫外線により光解離されてCやOを生成し、生成したガスは粘性拡散しながら円盤内に蓄積する。一方で、近年の観測では、COが多く存在するにもかかわらず中性炭素CIが相対的に少ない天体が報告されており、二次ガスモデルだけでは説明が難しい可能性がある。もう一つは、原始惑星系円盤のガスが長く残存する原始ガス残留モデルである。特に中間質量星まわりでは、小さなダスト粒子が減少すると紫外線加熱が弱まり、光蒸発によるガス散逸が抑制されるため、原始ガスが数十 Myr にわたり残り得ることが理論的に明らかになってきた。しかし、このシナリオが観測されるCO、CI、分子の存在量を同時に再現できるかは明らかでない。

本研究では、中間質量星まわりの長寿命原始円盤進化計算から得られた円盤構造を用い、熱化学計算コード Cloudy によりCOに富むデブリ円盤の化学構造を調べた。ダスト・ガス質量比、宇宙線電離率、年齢を変化させ、CO、CI、HCO⁺の動径分布と円盤全体の質量を計算した。その結果、ダスト・ガス質量比が($\sim 10^{-4}$)程度まで低下した円盤でも、COが豊富に残存し、低いCI/CO比を自然に再現できることがわかった。また、デブリ円盤の観測ではHCO⁺が未検出であるが、この分子は主に宇宙線電離で生成されるH₃⁺を介した中層のイオン分子反応に支配されるため、観測のHCO⁺非検出を満たすには、標準的な宇宙線電離率より低い(10^{-19} /s)可能性が示唆された。

以上より、小さなダストに乏しく、かつ宇宙線電離率の低い原始ガス残留円盤は、強いCO、低いCI/CO比、弱いHCO⁺というCOに富むデブリ円盤の主要な観測的特徴を同時に説明し得る。ただし、モデルではCIが観測より外側まで広がる傾向があり、空間分解されたCI観測、より深いHCO⁺探索、およびH₂・HIへの制限は、これらの円盤が真に二次ガスで支配されているのか、あるいは原始ガスなのかを知る上で重要であることが明らかになった。本講演ではCO同位体の光学的厚み及び合成観測についても議論する。