

P103a HD 冷却による初代星形成効率の低下: Lyman – Werner 輻射強度依存性

西嶋翔, 平野信吾, 梅田秀之 (東京大学)

初代星形成において、水素分子を解離する外部からの Lyman – Werner (LW) 輻射は、ガス雲の熱進化を左右する。極めて強い LW 輻射の影響は、超大質量ブラックホール形成の文脈でよく議論されているが、ガス雲が受ける平均的な LW 輻射は、それよりも桁小い。LW 輻射が一般的な初代星形成に与える影響を理解するためには、弱い強度まで包括的に調べる必要がある。

我々は、3次元の宇宙論的シミュレーションから取得した初代星形成ガス雲に対して、LW 輻射強度を $J_{LW}/J_{21} = 0$ (輻射なし) から 30 (水素原子冷却) の範囲で 18 通り変化させ、その影響を調べた。本研究では特に降着段階のガス雲の進化に着目するため、ガスの密度上昇を 10^8 cm^{-3} で止め、この密度に初めて達してから 10 万年後まで計算を進めた。

計算より、 $J_{LW}/J_{21} = 0.025 - 0.09$ で HD 冷却が有効になり、降着期 10 万年間にわたって密度 10^4 cm^{-3} 以上のガス温度を 200 K 以下に保つことがわかった。このとき、 10^8 cm^{-3} 以上のガス質量 (コア質量) は $1.2 - 16 M_{\odot}$ と予想に反して小さくなった。コア質量はその内部で誕生する初代星質量の上限である。0.8 太陽質量以下の初代星が誕生すると、主系列段階の寿命が宇宙年齢を超えるため、近傍宇宙で観測される可能性がある。

また、10 万年の時点でのコア質量とビリアル半径内のガス質量の比 ($f_{\text{III}} = M_{\text{core}}/M_{\text{vir,gas}}$; 星形成効率) は、輻射強度が強くなるに連れて減少する傾向が見られ ($J_{LW}/J_{21} = 0.003 \rightarrow 10$ の間に $f \sim 10^{-2} \rightarrow 10^{-4}$)、HD 冷却によってコア質量が小さくなる範囲では、さらに減少した ($f_{\text{III}} \sim 10^{-5.5} - 10^{-4.5}$)。本研究では、LW 輻射によってハロー内のガス質量は増加するが、初代星の総質量はそれに応じて増えるわけではない事を明らかにした。