

X42a 0.1 pc 解像度の宇宙論的輻射流体シミュレーションで探る高赤方偏移銀河の [OIII]/[CII] 輝線比の起源

仲里佑利奈 (東京大), 杉村和幸 (北海道大), 井上昭雄 (早稲田大), Massimo Ricotti (メリーランド大)

JWST や ALMA の最近の多波長観測によって、赤方偏移 6 以上の遠方銀河における電離ガス (HII 領域) と中性ガス (光解離領域, PDR) の性質が次々と明らかになりつつある。特に、ALMA 観測から遠方銀河の [OIII] $88\mu\text{m}$ と [CII] $158\mu\text{m}$ の輝線強度比が、近傍の星形成銀河と比べて 10-100 倍も高いことが報告されている。このような遠方銀河の輝線放射の特性と起源を解明するべく、0.1pc という従来にない高分解能をもつ輻射輸送入りの宇宙論的ズームインシミュレーションに対して HII 領域および PDR からの輝線計算を行った。各セルごとの温度・密度・金属量・輻射強度・柱密度・放射スペクトルの形を考慮し、光電離コード CLOUDY を用いた詳細な輝線放射モデルを構築した。その結果、[OIII] 輝線は中心星団周辺の温度 $(1-5) \times 10^4 \text{ K}$ 、電離パラメータ $\log U_{\text{ion}} \sim -1.5$ 程度の高電離領域から主に放射される一方、[CII] 輝線はそれを取り囲む温度 $\sim 5000 \text{ K}$ の高密度中性ガスから放射されていることが明らかとなった。この中性ガスは、星団からの強い遠紫外線 (FUV) 放射により加熱されている。このような構造により、[OIII]/[CII] の輝線比は銀河内で局所的に大きく異なり (0.01-100 程度)、銀河全体ではおよそ 5-30 という輝線比を再現した。さらに我々は、この輝線比が電離ガスと中性ガスの質量比 ($M_{\text{HII}}/M_{\text{HI}}$)、および密度比 ($n_{\text{HII}}/n_{\text{HI}}$) に線形にスケールすることを導出し、これを用いて高赤方偏移 ($z > 6$) から低赤方偏移 ($z \sim 0$) にかけて [OIII]/[CII] 輝線比が自然に減少することを定量的に示した。今後の JWST と ALMA 観測との相乗効果を活かすべく、現在の観測から得られる $\text{H}\beta$ 輝線と [CII] 輝線強度を用いて、既存の赤方偏移 6 以上の銀河について電離/中性ガスの質量比 ($M_{\text{HII}}/M_{\text{HI}}$) を推定し、本研究で導出したスケール関係の妥当性を示した。