

遠赤外線 水分子輝線・吸収線で探る $z=6.34$ のサブミリ波銀河の多層的な分子ガス・ダスト放射場

○佐藤 愛奈¹ 田村 陽一¹ 梅畑 豪紀¹ 萩本 将都¹ Bakx Tom² 仲里 佑利奈³ 札本 佳伸⁴ 井上 昭雄⁵ 橋本 拓也⁶ 馬渡 健⁵ 菅原 悠馬⁵ 池田 遼太⁷ 三橋 一輝⁸ (1.名古屋大学 2.チャルマース工科大学 3.フラットアイアン研究所 4.千葉大学 5.早稲田大学 6.筑波大学 7.東北大学 8.コロラド大学)

星形成が、どのような分子ガス密度やダスト温度・光学的厚みによって特徴づけられる環境で進行しているのかを明らかにすることは、銀河進化を理解する上で重要である。中でもダスト放射場は、若い星による加熱やダストに隠された星形成活動を反映するため、星形成環境と星間物質の物理状態を結びつける重要な手がかりとなる。しかし、分子ガスの代表的なトレーサーである一酸化炭素は、分子ガス量や運動状態の診断には有用である一方、ダスト放射場の強度や空間的広がりを直接制約するものではない。したがって、分子ガスの性質に加えて、ダスト温度・光学的厚みを制約できる観測指標が必要である。そこで我々は、水分子 (H_2O) に着目する。近傍銀河の観測から、 H_2O は遠赤外線放射場によって強く励起されるため、分子ガスだけでなく周囲の遠赤外線放射場を反映することが知られている。また、 H_2O 輝線光度と赤外線光度の間には、12桁にわたる光度範囲で相関が報告されており、 H_2O が星形成活動と密接に関係することを示唆している。一方、高赤方偏移銀河では H_2O の観測例が限られており、星形成環境を探るトレーサーとしての有用性は十分に検証されていない。

本研究では、 H_2O が反映する分子ガスの物理状態とダスト放射場を明らかにするため、赤方偏移 $z=6.34$ に位置するサブミリ波銀河 HFLS3 を対象とする。HFLS3 では、7本の H_2O 輝線と1本の H_2O 吸収線が検出されており、星形成環境の物理量を H_2O 複数遷移から制約する上で適した天体である。観測された放射強度を非局所熱力学平衡の放射輸送計算によって再現し、宇宙再電離期において星形成が活発な銀河の分子ガス密度とダスト温度・光学的厚みを推定する。モデル化の結果、HFLS3の分子ガスは、低温・低密度の広がった成分 ($n(\text{H}_2) \sim 10^2 \text{ cm}^{-3}$, $T_{\text{dust}} \sim 30 \text{ K}$, $\tau_{\text{dust}} \sim 0.3$) と、高温・高密度のコンパクトな成分 ($n(\text{H}_2) \sim 10^4 \text{ cm}^{-3}$, $T_{\text{dust}} \sim 70 \text{ K}$, $\tau_{\text{dust}} \sim 1.7$) から構成される多層構造を持つことが示唆された。さらに、高温成分は強い遠赤外線放射場にさらされており、低温成分の内側に面積比約0.05で埋め込まれている描像が支持された。また、得られた物理量から計算したダストSEDは遠赤外線連続光の観測結果とも矛盾せず、 H_2O を用いることで、異なる物理状態の遠赤外線放射場にさらされた分子ガス成分を分離できることが示された。