

X55a 宇宙再電離期の低金属量銀河に対する水分子の観測可能性について

田村陽一（名古屋大学）

水分子 (H_2O) は、近傍宇宙では分子雲中で最も存在比の高い分子のひとつと知られ、早期宇宙では初代星超新星後の第2世代星形成時にも多く生成されたとされる (e.g., Whalen et al. 2025)。また、近傍宇宙では、ホットコアから超高光度赤外線銀河まで12桁にわたる H_2O -遠赤外線光度間の比例関係があることから、星形成率のトレーサとしても有力だ。非対称コマ分子である H_2O には、滞留しやすい回転準位が存在する。このため、周囲の遠赤外線連続光を吸収して回転励起を生じ、脱励起で光る放射過程が駆動される (遠赤外線ポンピング)。また低温環境下でダスト粒子に吸着した水氷はダストの加熱があると昇華し、気相中の H_2O 存在比を上昇させる。つまり、より高温のダストや背景放射があれば、より高い光度の H_2O 線が期待される。近年、再電離期の若い低金属量銀河で高温のダストが見つかったが、低金属量銀河の H_2O 観測は低赤方偏移宇宙でさえほぼ皆無であり、かつ H_2O 線の理解は Herschel/SPIRE 帯域内 ($\nu_{\text{rest}} = 0.45\text{--}1.55$ THz) の回転遷移線に集中していた。

そこで本研究では、高温のダスト及び宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) による遠赤外線ポンピングを考慮した非局所熱平衡下での H_2O のスペクトル線エネルギー分布 (SLED) を計算し、低赤方偏移の銀河では見逃されていた顕著なスペクトル線を探した。この結果、低赤方偏移では弱い吸収線として観測例のある $\text{o-H}_2\text{O}$ ($2_{12}\text{--}1_{01}$) ($\nu_{\text{rest}} = 1.67$ THz) が、最も明るい輝線となる可能性を見出した。また、SLED によりダストや CMB が作る背景連続光の物理的性質 (温度等) を制限できることがわかった。これは、静止系遠赤外線連続光の直接観測がなくとも、ダストをプローブできることを示唆する。重要な H_2O 線は $z \sim 10$ で $\lambda_{\text{obs}} \approx 2\text{--}4$ mm に赤方偏移する。これらは ALMA2 や LMT-FINER、将来の ngVLA (近傍宇宙なら PRIMA) の重要なターゲットになる。