

JWST/NIRSpecスタック分光で探る $z \geq 6$ 銀河の元素組成比とダスト成長

○渡辺 くりあ^{1,2} 大内 正己^{2,3} 中島 王彦⁴ 富永 望² 播金 優一³ 石垣 美歩² 磯部 優樹^{5,6} 中根 美七海³ 野本 憲一³ 小野 宜昭³
小野寺 仁人² 鈴木 昭宏³ 高橋 亘² 武田 唯^{1,2} 柳澤 広登³ (1.総合研究大学院大学 2.国立天文台 3.東京大学 4.金沢大学 5.早稲田大学 6.ケンブリッジ大学)

ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) の観測により、 $z \geq 6$ の高赤方偏移銀河において、酸素以外の元素組成比を測定することが可能になりつつある。近年、個別天体では高い N/O 比 (Watanabe et al. 2026) や低い O/Fe 比 (Nakane et al. 2024) を示す銀河が報告され、初期宇宙における大質量星や対不安定型超新星の寄与が議論されている。一方で、 $z \geq 6$ 銀河全体を代表する平均的な元素組成比、すなわち初期銀河が典型的にどのような化学的性質を持つのかは、まだ明らかでない。個々の銀河スペクトルでは信号雑音比や観測波長の制限により、複数の元素組成比を同時に決定することが難しいためである。また、Si などの難揮発性元素の枯渇は、初期銀河のダスト成長を探る手がかりとなる。

本研究では、平均的な元素組成比を調べるため、DAWN JWST Archiveの $z = 6-10$ 銀河993天体から、強輝線により分光赤方偏移が決定され、かつ H β および [O III] $\lambda 5007$ がいずれも 3σ 以上で検出される天体のうち、本解析に必要な輝線を観測できる 439 天体を選択し、スタック解析を行った。各スペクトルを規格化してスタックしたスペクトルを作成し、[Ne III]、[N II]、[S II]、[Si III]、C III] などの輝線フラックスを測定した。得られた輝線比から PyNeb を用いて平均的な Ne/O、C/O、N/O、S/O、Si/O、Ar/O、Fe/O 比を導出した。

その結果、Ne/O、C/O、Ar/O 比は既存の文献値および Isobe et al. (2026) の JADES スタック結果と概ね整合し、低い Si/O 比 ($\log(\text{Si/O}) < -2$) が得られた。Pop III 超新星 (PISNe を含む) の核合成 yield および金属量 $Z = 0.004$ の CCSNe モデルによる予測値と比較すると、本研究の Si/O 比はこれらで期待される範囲より低い Si/O 側に位置する。この低い Si/O 比は、Si がダストへ取り込まれることによるダスト枯渇を示唆し、 $6 \leq z \leq 10$ 銀河においてすでにダスト成長が進んでいる可能性を示す。また、N/O 比は Watanabe et al. (2024) の重力崩壊型超新星のみの化学進化モデルより高く、AGB 星など遅延的な窒素供給源の寄与を示唆する。

以上のように、本講演では、 $z = 6-10$ 銀河の平均的な元素組成比を過去の観測研究および化学進化モデルと比較し、初期銀河における元素供給源とダスト成長について議論する。