

Q49a 始原ガス中における化学反応と放射冷却 1

千秋元 (東京大学) Simon Glover (ITA、ハイデルベルク大学) 吉田直紀 (東京大学)

初期宇宙 (再結合から初代星形成まで) におけるガスの化学反応は再結合、ガスと宇宙背景放射 (CMB) との相互作用、そして初代星形成を議論する上で重要である。初期宇宙においてはリチウムより重い元素が存在していなかったにも拘わらず、複雑な反応機構が存在する。特に初代星の形成には水素分子の生成、破壊反応が重要な役割を担う。初代星は暗黒物質のハロー中でガスが収縮することにより形成されるが、軽元素のみを含むガス (始原ガス) 中では、水素分子の回転、振動遷移が放射冷却の主な担い手となるためである。

水素分子の生成過程で特に重要な反応は以下の三つである。ガス雲が低密度のとき、(1) 水素化物イオン (H^-) と水素原子の結合性脱離 (associative detachment) により水素分子が形成される。加えて、(2) 水素化物イオンが水素イオン (H^+) と相互中性化 (mutual neutralization) し、水素分子生成が抑制される効果も考慮しなければならない。さらに高密度では (3) 水素の三体反応 (three-body reaction) による水素分子生成が支配的となる。

初代星が形成されるためのタイムスケールや初代星の質量を定量的に決定するためには、これらの反応係数の正確な値を知る必要がある。反応係数はこれまでいくつかの研究グループによって理論的計算や実験により求められてきた。しかし、特に上述した三つの反応については、いくつかの研究グループが発表した値が一致しておらず、一桁程度の差がある。このような不定性は、水素分子による冷却率の不定性を経て初代星形成のタイムスケールに対して不定性をもたらす (Glover et al. 2006, ApJ 640,553; Turk et al. 2011, ApJ 726, 55)。

本講演では、現在までに発表されている上述の三つの反応の反応係数の不定性について議論する。また、理論的計算により三体反応の反応係数の精度の向上を図ることができたので、報告する。