

星なし分子雲コアにおける分子組成進化：ダスト表面反応の影響

Molecular Evolution in Collapsing Prestellar Cores II: The Effect of Grain-surface Reactions

相川 祐理[1], 大橋 永芳[2], Eric Herbst[3]

Yuri Aikawa[1], Nagayoshi Ohashi[2], Eric Herbst[3]

[1] 神戸大・理・地球惑星科学, [2] ASIAA, [3] Dept. of Physics,
The Ohio State Univ.

[1] Dept. of Earth and Planetary Sci., Kobe Univ., [2] ASIAA, [3] Dept. of Physics,
The Ohio State Univ.

<http://nova.scitec.kobe-u.ac.jp/members/aikawa-j.html>

星は分子雲コアの重力収縮によって生まれる。近年、星形成直前の段階にあると考えられる「星なしコア」の分子輝線観測が進んでいる。コアの分子組成は、輝線観測からコアの構造や進化段階を読み取るための基礎であり、また星・惑星系形成時における物質進化を解明する上でも重要である。そこで我々は収縮する星なしコアにおける分子組成進化を数値計算によって求めた。重力収縮の半解析解である Larson-Penston 解をコアの物理的なモデルとし、コア内の複数の流体素片について化学反応ネットワークを解くことによって、分子組成の空間分布とその時間進化を求めた。化学反応ネットワークには気相反応、吸着・昇華による気相と固相の相互作用、吸着分子のダスト表面上での表面反応が含まれている。また重水素を含む分子とその交換反応も組み込まれている。得られた結果は以下の通りである。

星なしコアは低温高密度なのでダスト表面反応が重要な役割をはたす。まず H₂O, CO₂, H₂CO, CH₃OH, NH₃, N₂ といった多くの分子が生成される。ここで形成された分子の多くは氷マントルとしてダスト表面に残るが、N₂ は吸着エネルギーが低いので昇華し、その一部が気相反応で N₂H⁺や NH₃ などになる。また、ダスト表面反応で H₂O 氷が形成されることによって気相での酸素原子存在度が低下する。よって CCS などの「前期型分子」の減少がダスト表面反応を考慮しない場合に比べて抑えられることがわかった。

モデル計算で得られた分子柱密度は星なしコア L1544 の観測結果をよく再現した。コアの収縮速度を遅くするとダストへの吸着が進むため分子柱密度は低くなり、Larson-Penston 解よりも 10 倍程度遅い収縮では観測値との一致があまりよくない。分子組成の空間分布も、CO や CCS がコア中心で減少しているのに対して N₂H⁺は減少を示さないという観測結果を説明できる。

モデルコアの中心密度が $3 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$ から $3 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$ に上昇する間、N₂H⁺の分子柱密度は収縮速度に関わらず増加する。よってこの分子は観測的にコアの進化段階を探る指標になると考えられる。

分子の重水素/水素比(DNC/HNC など)は CO などのダストへの吸着が進むにつれて増加することが理論モデルから予測される。観測されたコアの重水素/水素比と N₂H⁺分子柱密度の相関を取ると、モデルからの予想通り、N₂H⁺が多いコアほど重水素/水素比が高いことがわかった。重水素交換反応の反応速度係数として Millar, Bennet, & Herbst (1989)の値を用いると観測された重水素/水素比は Larson-Penston 解のコアでもっともよく再現された。しかし、最近実験的に求められた反応係数(Gerlich, Roeff, & Herbst 2002)を用いると重水素/水素比は 1 桁程度低くなり、特に N₂D⁺/N₂H⁺比はコアの収縮を 10 倍遅くしても観測値を再現できなかった。