

宇宙塵表面上での水素分子形成と新しい天文学的プローブ光

Molecular hydrogen formation on the surface of cosmic dust and the infrared emission as an astronomical new probe

高橋 順子[1]

Junko Takahashi[1]

[1] 国立天文台・計算センター

[1] ADAC, NAOJ

宇宙塵表面は宇宙空間に存在する分子の化学進化の場として重要な役割を担っている。例えば、星間雲に大量に存在することがわかっている星間水素分子は、超低温・超低压の星間空間では気相反応による形成は困難であり、塵表面上での化学反応により形成されると考えられている。本研究では、まず、塵表面上での星間水素分子形成反応についての分子動力学シミュレーションを行い、水素分子形成反応の4つの素過程や生成熱分配についての情報を得た。次に、塵表面上で形成される際に振動回転励起される水素分子からの赤外線発光スペクトルのシミュレーションを行い、それが新しい天文学的プローブになることを発見した。

宇宙塵表面は宇宙空間に存在する分子の化学進化の場として重要な役割を担っている。例えば、星間雲に大量に存在することがわかっている星間水素分子は、超低温・超低压の星間空間では気相反応による形成は困難であり、塵表面上での2個の水素原子の再結合反応 $H + H \rightarrow H_2$ により形成されると考えられている。塵表面は、原子や分子を蓄積する役割と共に、化学反応エネルギーの熱浴や化学反応のポテンシャルバリアーを低下させる触媒としての役割も果たしている。

本講演では、まず、天文学における塵の重要性やその観測結果、塵表面上での化学反応についての最近の実験的研究や理論的研究の進展などを紹介する。それと共に、本講演者らが行った、塵表面上での星間水素分子形成反応についての分子動力学シミュレーションによる研究を紹介し、化学的な観点から塵表面上での分子進化過程について考察する。

宇宙塵表面のモデルとして1000個のH₂分子からなるアモルファス氷の板を作り、その表面上へ2個の水素原子を入射するシミュレーションを行った。宇宙塵表面上での水素分子形成反応の4つの素過程：1) 気相中の水素原子の宇宙塵表面への付着過程；2) 宇宙塵表面上での水素原子の拡散過程；3) 宇宙塵表面上での2個の水素原子の反応過程；4) 生成した水素分子の宇宙塵表面上から気相中への離脱過程、のそれぞれについて詳細な情報を得た。また、生成熱の振動・回転・並進エネルギーへの分配、氷へ吸収されるエネルギーとその結果として起こる氷の温度上昇などを調べた。

上記のシミュレーションの結果、塵表面上で形成された水素分子は極めて高い振動回転励起状態にあることがわかった (Formation Pumping)。そこで、次に、Formation Pumping とその後の脱励起過程での自然発光とが平衡状態にある水素分子の赤外線発光スペクトルのシミュレーションを行った。その結果、それらがスバル望遠鏡などの観測装置により十分観測可能な強度であることがわかった。また、Formation Pumping によるスペクトルのパターンが紫外線励起によるものとは異なると共に、塵の種類によっても異なることもわかった。Formation Pumping 光は、星間空間における塵表面上での水素分子形成現場を示すと共に、星間塵についての情報や分子雲形成領域の進化過程についての情報をもたらす、新しい有力な天文学的プローブになると考えられる。