

分子雲形成領域における水素分子の Formation Pumping 光 とオルト/パラ比の観測可能性

○高橋 順子、上原 英也 (国立天文台)

junko.takahashi@nao.ac.jp、uehara@th.nao.ac.jp

〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1

星間水素分子は、主として星間塵表面上での2個の水素原子の再結合反応によって生成すると考えられている。Takahashi et al. (1999, 2000) は、古典的分子動力学 (MD) シミュレーションを用いて星間塵氷マントル表面上での水素分子形成反応の全素過程についての定量的な情報を調べた。その結果、塵表面と水素分子の相互作用過程で生成熱 (= 4.5 eV) の大部分が水素分子の内部エネルギーとなり、極めて高い振動回転励起状態にある水素分子が形成されることがわかった (Formation Pumping)。氷マントルだけでなく、シリケート系や炭素系星間塵表面上での水素分子形成過程でも同様な傾向が予測される。これらのことから、紫外線励起源や衝突励起源の無い星間空間で、Formation Pumping 機構により励起された水素分子からの赤外発光が観測される可能性が示唆される。

本研究では、分子雲形成領域における水素分子の Formation Pumping による赤外発光スペクトルを理論的に予測した。まず、Formation Pumping と自然発光とが平衡状態にある水素分子の振動回転励起状態分布についてのマスター方程式を解き、得られた分布に基づいて水素分子輝線強度スペクトルを計算した。その結果、水素原子密度が 10^3 cm^{-3} 、柱密度が 10^{21} cm^{-2} 、温度 10 K の条件で、K-band にある 1-0 S(1) 輝線 ($\lambda = 2.12 \mu\text{m}$) の強度は、波長分解能 5000 として、 $K = 20.5 \text{ mag arcsec}^{-2}$ であり、すばる望遠鏡 IRCS 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ことがわかった。紫外線励起の場合に最大強度となる 1-0 S(1) 輝線に比べて、Formation Pumping による励起の場合はより高い振動回転準位からの輝線が強められる傾向になる。さらに、スペクトルのパターンには、星間塵表面の種類によって異なる Formation Pumping 分布の違いも反映される。

水素分子には、核スピン状態 (I) とそれにカップルした回転状態 (J) によって区別されるオルト水素 (ortho, $I = 1$, triplet, $J = \text{odd}$) とパラ水素 (para, $I = 0$, singlet, $J = \text{even}$) の2種類がある。星間塵表面上で形成された水素分子のオルト/パラ比は、核スピン重率比が3であることと、高い振動回転励起状態で形成されることから、3であると考えられる。一方、星間雲のような低温でのオルト/パラ比の熱平衡値はほとんど0である。星間塵表面上で形成された水素分子のオルト/パラ比は、気相中及び星間塵表面上でのオルト→パラ変換反応により次第に熱平衡値に近付いていくが、その過程には非常に長い時間がかかり、変化の途上にあるオルト/パラ比が観測されることになる。従って、水素分子のオルト/パラ比は星間雲の年齢の指標となる。

Formation Pumping 光は、星間空間での水素分子形成過程のプロープになると共に、星間塵についての情報や分子雲形成領域を観測するための新しい有力なプロープになると考えられる。また、それと同時に観測される水素分子のオルト/パラ比は、分子雲形成領域の進化の指標となる。