

氷星間塵上における水素原子反応による有機物生成:ホルムアルデヒド,メタノール生成機構

Formation of simple organic molecules on an ice dust in a molecular cloud: hydrogenation of CO to formaldehyde and methanol

渡部 直樹[1]; 香内 晃[2]; 日高 宏[3]; 白木 隆裕[4]

Naoki Watanabe[1]; Akira Kouchi[2]; Hiroshi Hidaka[3]; Takahiro Shiraki[4]

[1] 北大・低温研; [2] 北大・低温研; [3] 北大・低温研; [4] 北大・低温研

[1] Inst. of Low Temp. Sci., Hokkaido Univ.; [2] Inst. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ.; [3] Inst. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ.; [4] Inst. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ.

<http://risu.lowtem.hokudai.ac.jp>

分子雲中の星間塵表面では紫外線やイオンの照射により、多環式芳香族炭化水素を含むかなり複雑な有機物が生成されることがシミュレーション実験などにより明らかになっている。一方で、紫外線やイオンのフラックスが非常に小さいと思われる冷たい分子雲コアでもホルムアルデヒドやメタノールといった基本的な有機分子が星間塵上に大量に観測されており、光などのエネルギーを必要としない有機分子生成機構の存在が示唆されている。氷星間塵上のホルムアルデヒド、メタノールの存在量は最大で H₂O 分子の 30% にもおよび、その存在量は気相の化学反応による生成プロセスでも説明がつかない。

我々はホルムアルデヒド、メタノールの生成メカニズムとして、氷星間塵上における一酸化炭素分子への水素原子逐次付加反応に注目し定量的実験を行った。10K の H₂O-CO 混合氷（疑似氷微粒子表面）を超高真空槽中に設置した冷凍基板上に作製し、そこに水素原子線を照射した。原子線照射中の氷表面の組成の変化をフーリエ変換型赤外分光装置によってモニターし生成物を調べたところ、極低温にもかかわらず H₂CO、CH₃OH が非常に効率よく生成し、分子雲環境においてもこの反応が速やかに進んでいることがわかった。氷の温度を変化させて反応を詳細に調べたところ、この反応は量子力学的効果によるトンネル反応であることが強く示唆された。水素原子などの軽い粒子は極低温下で波動の性質が顕著になる（ド・ブローイ波長が長くなる）。この性質のため、2000K 程もある活性化エネルギーの壁をすり抜けることができたものと考えられる。一般に化学反応は温度が高いほど進みやすい。光などのエネルギーを与えずに、極低温下の氷表面でこれだけ反応が進むのは極端環境下の特異な現象で非常に興味深い。この反応で H₂O は直接反応に寄与していないが、H₂O 氷の存在は水素原子の吸着確率を格段に上げ、純 CO 氷に水素原子を照射する場合に比べ、実効的な反応速度が速まることが分かった。講演では、このほかに観測との比較、ホルムアルデヒドとメタノールの生成反応速度の温度依存性などに関して報告する。