

氷星間塵上における CO 分子進化 (CO H₂CO CH₃OH) とその温度依存性Dependence of H₂CO and CH₃OH formations on the temperature of ice in the successive hydrogenation of CO in H₂O-CO ice

渡部 直樹[1], 香内 晃[1]

Naoki Watanabe[1], Akira Kouchi[2]

[1] 北大・低温研

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

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

氷星間塵中には、簡単な有機分子であるホルムアルデヒド(H₂CO)、メタノール(CH₃OH)がH₂O氷に対して数%から30%位の量で存在することが、赤外天文衛星により確認されている。これらの分子は氷中で最も資源的な分子の一つであるCOから進化したと考えられる。数ある化学プロセスのうち、氷星間塵上における水素原子逐次付加反応(CO HCO H₂CO CH₃ CH₃OH)が主要なプロセスであると理論的に予想されてきたが、実験的な確証は得られていなかった。最近、Watanabe & Kouchi (2002)により定量的な実験が行われ、H₂CO、CH₃OHがCOの水素逐次付加反応により効率よく生成されることが明らかになり、このプロセスの妥当性が初めて実験的に示された。しかしながら、上記逐次反応の詳細、例えば個々の反応速度や生成量の氷温度依存性といった情報は未だ調べられていない。一方で、観測によればH₂COやCH₃OHの存在度は個々の分子雲により様々な値を示し、特にHigh-mass protostarでは多く、Field starではほとんど観測されていない。この存在度のばらつきは分子雲の温度や密度といった物理・化学環境を反映したものであるが、詳しいことは分かっていない。

本講演では、氷表面におけるCO分子への水素原子逐次付加反応の氷温度依存性に関する実験結果について報告し、個々の反応素過程に関する情報と、その天文学的意味について考察する。超高真空槽中に設置した低温アルミ基板にH₂O-COアモルファス氷を作成し、氷の温度10、15、20Kの場合で、それぞれ天文学的に意味のある量の水素原子(マイクロ波プラズマ中で生成)を照射した。各氷温度の測定で水素原子照射と伴にCOの減少、H₂CO、CH₃OH分子の増減が見られた。氷中のCO、H₂CO、CH₃OH分子量変化の温度依存性をみると以下に挙げたようないくつかの際だった特徴が見られた。1.COの減少率は10K、15Kでほとんど変化がない。2.H₂CO、CH₃OHの変化率及びCH₃OH生成量は15Kで最も大きくなる。3.20Kではすべての分子の変化率は非常に小さいが、H₂COの増加率から、照射時間をさらに延ばせばH₂COの生成量は10、15Kに比べて最大になると推測できる。上記1.の特徴は反応速度定数が温度依存性を示さないトンネル反応によって説明が出来る。2.の特徴はH₂CO、CH₃OHの反応速度定数がArrhenius型からトンネル反応型に遷移する辺りの温度依存性である。3.の特徴は反応速度定数が20Kで小さくなっていると考えるよりも、むしろ水素原子の氷表面への吸着確率が小さくなっていると考えるべきであろう。これらの結果から、大雑把に次のようなことが言える。10K程度の非常に低温で水素原子密度の薄い分子雲中ではCH₃OHへの進化が抑制される。Field starの環境はこれに対応すると考えられる。15KくらいになるとCH₃OH生成が顕著になる。さらに20Kになると水素原子の氷への吸着確率は落ちるが、水素原子量が多くなればH₂COの生成量が大きくなる。これらの特徴はHigh-mass protostar 近辺の分子雲の観測結果を定性的にうまく説明できる。講演ではさらに定量的な議論を行う。

参考文献：Watanabe, N. & Kouchi, A. *Astrophys. J. Lett.* 571, 173 (2002)