

CO/H₂O 低温凝縮分子系の電子線励起反応

(広大院・理) ○世良裕司, 武光翔, 瀬川建介, 和田真一, 田中健一郎

【序】

星間空間に存在する星間ガスの成分は 9 割が水素、1 割がヘリウムで炭素や窒素、酸素は水素の 1%にも満たない。星間ガスには濃淡があり、水素原子密度が 100cm^{-3} 程度の部分では水素の一部が水素分子になっているものの、紫外線による光解離や光イオン化が起こるため、炭素はおもに炭素イオン、窒素と酸素はおもに原子として存在している。一方、水素原子密度が 10^3cm^{-3} 程度の場所では星間塵と呼ばれるケイ酸塩やグラファイトの微粒子が星間紫外線を遮断する。そのため光解離や光イオン化が起こらないので分子が破壊されにくい。したがって水素、窒素、酸素はそれぞれ水素分子、窒素分子、酸素分子として存在し、炭素は酸素と結合し一酸化炭素として存在している。このような分子状態のガスからなる部分を分子雲に対して、星間塵上には固層で最も多く存在する H₂O によって氷マントルが形成され、その内部や表面には CO や NH₃, CH₄ などの様々な分子が存在している。特に CO は他の分子と比べて多く存在していることから、CO と H₂O は星間塵表面での宇宙線(電子線や陽子線)による化学進化の発端となる重要な分子として考えられている。本研究では星間塵表面反応による星間分子の分子進化の情報を得るため、CO/H₂O 低温凝縮分子系の電子線励起反応の実験を行った。

【実験手法】

本研究では銅のサンプルホルダーをヘリウム冷却機で低温(65K)にし、H₂O/CO/H₂O をそれぞれ 100L, 600L, 20L(1L= 1×10^{-6} Torr·s)の割合でサンプルホルダーに直接吹き付け、凝縮させて擬似的な星間塵を生成した。この擬似星間塵に電子銃を用いて電子線(800eV)を照射し、電子刺激脱離(ESD)実験を行った後で、ヘリウム冷却機を停止させて温度を室温まで上げることで昇温脱離(TDS)実験を行った。試料温度はサンプルホルダーの試料の裏側下部に K 熱電対を取り付け測定し、脱離分子は四重極質量分析計(QMS)で検出した。

【結果と考察】

ESD 実験では試料成分のみが検出され、電子線励起反応による新たな生成物は検出されなかった。

電子線照射後の TDS 実験では電子線照射中に得られた質量スペクトルとは大きく異なるスペクトルが得られた。Fig.1 に

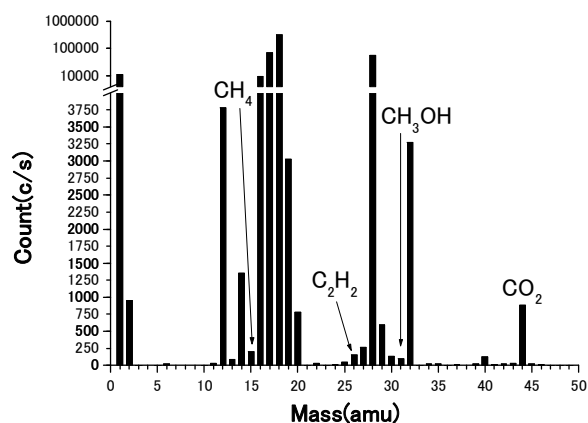


Fig.1 昇温脱離で得られた質量スペクトル

昇温時に得られた質量スペクトルを示す。Fig.1 から H, C, O で構成される様々な分子のフラグメントパターンを考慮した結果、Mass12, 14, 16, 17, 18, 19, 20 などの試料成分由来とは別に CH₄ (Mass15), C₂H₂ (Mass26), CH₃OH (Mass31), CO₂ (Mass44) が主に脱離していることがわかった。ここで CH₄ は実際には Mass16 の方が Mass15 よりも検出量が多いが、本研究では試料として用いた H₂O のフラグメン

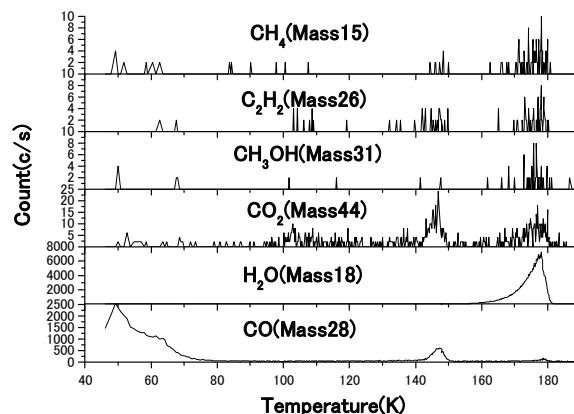


Fig.2 試料分子(H₂O, CO)と生成分子の昇温脱離(TDS)スペクトル

トが Mass16 で重なるので Mass15 を挙げている。CH₃OH は QMS では Mass31 が最も多く検出されるので Mass31 で同定した。これら分子の脱離が確認されたことから、ESD 実験で電子線励起反応により新たな分子が生成されていたが、サンプルホルダーに凝縮しているため、検出できなかったと考えられる。C₂H₄(Mass28)と C₂H₆(Mass30)も生成されている可能性があるが、それぞれについて Fig.1 の試料成分(Mass27, 28, 29, 30)との重なりや、昇温脱離スペクトルのピーク強度とピーク位置を考慮すると、両分子とも生成されたと断定することはできない。Fig.2 に試料分子(H₂O, CO)と生成分子(CH₄, C₂H₂, CH₃OH, CO₂)の TDS スペクトルを示す。Fig.2 から(1)50K(2)147K(3)178K の 3 つのピークが確認できる。(1)50K 付近では CO のみが脱離していることがわかる。(2)147K 付近での脱離では CH₄, C₂H₂, CO, CO₂ がそれぞれ観測された。H₂O は 150K でアモルファス構造から結晶構造へ転移することがわかっている^[1]。したがって 147K 付近では、アモルファス構造の H₂O にトラップされていた C₂H₂, CO, CO₂ の一部が相転移する際に脱離したと考えられる。(3)178K 付近での脱離では H₂O を含め CH₄, C₂H₂, CH₃OH, CO₂, CO すべての分子が観測された。これは H₂O が脱離し、それにともない結晶構造の H₂O にトラップされていたすべての分子が脱離したと考えられる。また CH₃OH のみ 147K 付近にピークが見られない。これは CH₃OH と H₂O が水素結合しているためピーク(2)では脱離せず、ピーク(3)で H₂O と共に脱離するためと考えられる。

本研究では CH₄, C₂H₂, CH₃OH のような有機化合物の生成と、気相の星間空間には現在観測されていないがその存在が予測されている CO₂ の生成が擬似星間塵上で確認された。このことから星間塵表面反応が分子進化に重要な役割を果たしていると考えられる。当日は本実験の結果から得られた星間塵表面での電子線励起反応と、昇温脱離における試料および生成物の情報について議論する。

[1] R. Souda, J. Phys. Chem. 122 (2005) 134711.