

(山梨大) ○和田 晃, 望月 慎高, 宮沢 一磨, 平岡 賢三

【序】これまでに数多くの星間分子が観測されているが、その中には固体(星間塵)上での反応を仮定しなければその存在量を説明できない分子が存在することは良く知られている。そのような分子の一つであるメタノールの暗黒星雲中における生成のメカニズムとして、これまでに星間塵上での CO への逐次水素付加反応、CO, CH<sub>4</sub> を含む氷への宇宙線(陽子線、アルファ線)照射による放射線化学反応などが提唱されている。粒子線によって引き起こされる化学反応ではイオンやラジカル生成、低エネルギー二次電子等の様々な要因が複雑に寄与するため、その初期過程、素過程を知ることは非常に困難である。今回我々は CH<sub>4</sub> や C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> などの炭化水素を含んだ水薄膜へ低エネルギー電子線のみを照射する実験を行い、メタノールを含む多くの星間分子種が生成されることを確認したので報告する。

## 【実験】

実験は 10<sup>-8</sup>Pa 以下の真空チャンバー内で行った(図1)。ヘリウム循環型冷凍機のコールドヘッド部に金蒸着した銅製の基板をインジウムを介して固定し、基板上にあらかじめ水蒸気と炭化水素を混合した気体をステンレスパイプを通じて吸着させた。基板に対して45度の方向に備え付けた電子銃から10~300eVの電子線を照射した。電流量はファラデーカップを用いて校正した。電子衝撃誘起反応の実時間観察を FTIR で行い、その後基板を昇温し生成物の定量分析を四重極質量分析計によって行った。

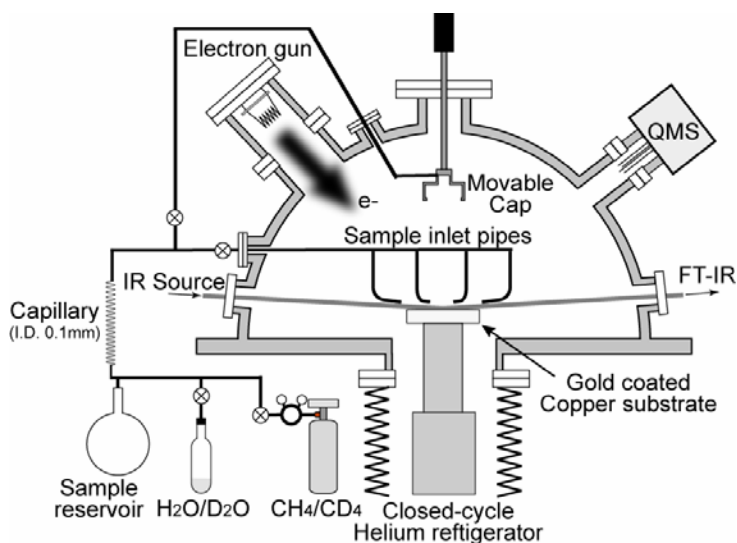
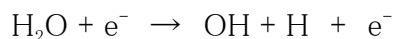


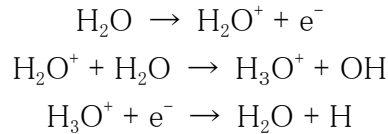
図1 実験装置

## 【結果と考察】

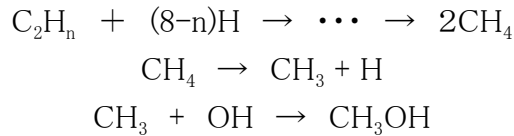
H<sub>2</sub>O:C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>=10:1 混合ガスを 10K に冷却した基板上に流速

25monolayer/hour で堆積させながら 100eV、300nA/cm<sup>2</sup> の電子線を 11.5hours 照射した際の FTIR スペクトルを図1に示す。H<sub>2</sub>O に由来する強い吸収が 3300cm<sup>-1</sup>, 1650cm<sup>-1</sup>, 900cm<sup>-1</sup> 付近に現れる。生成物として観測されるのは C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>OH, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, CH<sub>3</sub>CHO, H<sub>2</sub>CO, CO, CO<sub>2</sub> 等である。同様の測定を CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> と H<sub>2</sub>O との混合系についても行ない主要な生成物についての定量測定結果を表1に示した。100eV の電子線照射による最も重要な初期過程はイオン化及びラジカル生成である。例えば

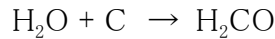




C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O 系では C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O 系では CH<sub>2</sub>CH(OH)が主生成物として観測された。これらはいずれも見かけ上 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> への H<sub>2</sub>O(H + OH) 付加によって説明される。また、(C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)/H<sub>2</sub>O のいずれの試料を照射した場合も CH<sub>4</sub>/CH<sub>3</sub>OH の比が 8 となる。これは、以下のように CH<sub>3</sub>OH が CH<sub>4</sub> を中間体として生成している可能性を示唆している。



また、CD<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O 混合試料を用いた場合、H<sub>2</sub>CO のみが観測され、HDCO, D<sub>2</sub>CO は生成しなかった。このことは、H<sub>2</sub>CO の生成機構が H<sub>2</sub>O への C 原子の挿入反応



に起因することを示唆している。また、CH<sub>3</sub>OH を 1 分子を生成するのに必要な電子数は約 60 個であった。

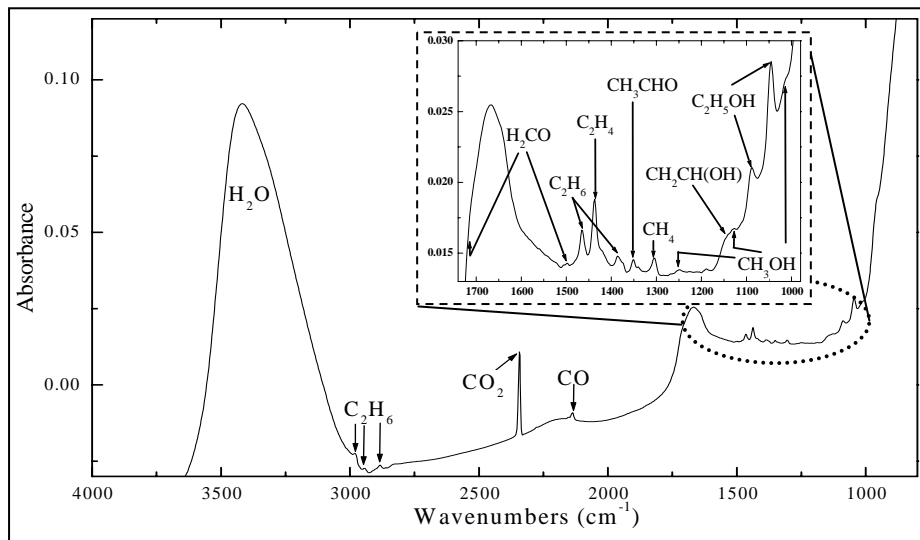


図2 電子照射 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O 薄膜の FTIR スペクトル

Molecule	Band Position (cm <sup>-1</sup> )	Integrated Absorbance (A) (cm molecule <sup>-1</sup> )	Number of molecular (× 10 <sup>15</sup> molecule)			
			CH <sub>4</sub> /H <sub>2</sub> O	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> /H <sub>2</sub> O	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> /H <sub>2</sub> O	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O
CO	2137	1.7 × 10 <sup>-17</sup>	3.7	5.7	19.9	46.1
CO <sub>2</sub>	2340	7.6 × 10 <sup>-17</sup>	23.8	21.2	39.1	49.9
CH <sub>3</sub> OH	1017	1.5 × 10 <sup>-17</sup>	31.7	5.0	2.9	4.2
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	1045	7.3 × 10 <sup>-18</sup>	0	103.1	118.0	22.0
CH <sub>2</sub> CH(OH)	1150	6.0 × 10 <sup>-18</sup>	0	121.2	37.6	125.3
CH <sub>4</sub>	1302	6.6 × 10 <sup>-18</sup>	513.1	40.6	23.7	31.9

表1 炭化水素/水薄膜への 100eV 電子線照射生成物