

氷の光分解反応により脱離した物質の共鳴多光子イオン化法による直接検出

Direct measurement of desorbed species following the photolysis of amorphous solid water by REMPI technique

羽馬 哲也 [1]; 横山 正明 [1]; 藪下 彰啓 [1]; 川崎 昌博 [1]; 渡部 直樹 [2]

Tetsuya Hama[1]; Masaaki Yokoyama[1]; Akihiro Yabushita[1]; Masahiro Kawasaki[1]; Naoki Watanabe[2]

[1] 京大院工; [2] 北大・低温研

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

http://www.moleng.kyoto-u.ac.jp/~moleng_06/index-j.htm

氷は地球表面上では雪として、地球大気中では夜光雲と呼ばれる氷の微粒子として、宇宙では星間塵として存在しており、紫外光が照射されると光化学反応が起こる。氷そのものや、氷の中もしくは氷表面上に吸着した分子の光化学反応は表面が関与する不均一光化学反応過程として基本的な光化学反応であるとともに、直接的に大気環境化学、宇宙化学に関連している。

例えば、北極南極圏の大気汚染、地球高層大気中のオゾン濃度減少、地球の生命の発生などにおいては、氷や雪が関与する光化学反応が重要な役割を果たしている。また我々が生活する地球を含め太陽系は星間塵を材料物質としてできたものであり、星間塵で起きる固体表面反応は惑星系の起源や進化を議論する際に非常に重要である。

星間塵の表面はアモルファス氷で覆われており、宇宙から降り注ぐ真空紫外光によって分解反応を起こす。今までの研究で氷に紫外光を照射すると氷上に OH, H₂O₂, HO₂ などが生成する事が確認されている (参考文献: P. A. Gerakines, W. A. Schutte, and P. Ehrenfreund, *Astron. Astrophys.* 312, 289 (1996).)。今までの実験は赤外分光法などで光や電子によって氷中にどのような変化が起きるかに注目しているが、氷が真空紫外光を吸収した時には様々な物質が氷表面から脱離し気相へ放出される反応も同時に起きている。

具体的には一次光分解反応によって、H₂O が (1) H + OH もしくは (2) H₂ + O に分解し、光分解の余剰エネルギーにより氷表面から脱離していく。また、氷が光を吸収することにより、分解反応ではなく (3) H₂O 分子そのものも氷表面から脱離する。

しかしながら、一次光分解反応 (2) で生成した O 原子は電子励起状態 (¹D) にあるため、すぐに周りの氷と反応し OH もしくは H₂O₂ に変化してしまう。また H₂O 分子が氷表面から脱離しているかどうかは赤外分光法などではわからないため、反応 (2) と (3) が実際に氷上で起きているのかどうかはまだ明らかになっていない。さらにこれら一次生成物が氷表面上で二次的に反応することによって脱離する物質も存在する。

また同じ物質でも生成したときに電子励起、振動励起しているかどうかなどでその後の反応性は大きく異なる。このため星間塵表面から脱離し宇宙空間に放出される際にどのような励起状態であるのかを正確に知る必要があるが、今までの研究で生成物の励起状態に関する実験的研究は非常に少ない。

筆者らは真空チャンバー内の金基板にアモルファス氷を蒸着させ、パルスエキシマーレーザー光で光分解し、氷表面から飛び出た生成物をパルス色素レーザー光で共鳴多光子イオン化して H, H₂, O, OH, H₂O の電子状態及び振動、回転準位を選択的に検出し、これらの脱離反応機構を明らかにした (図参照)。

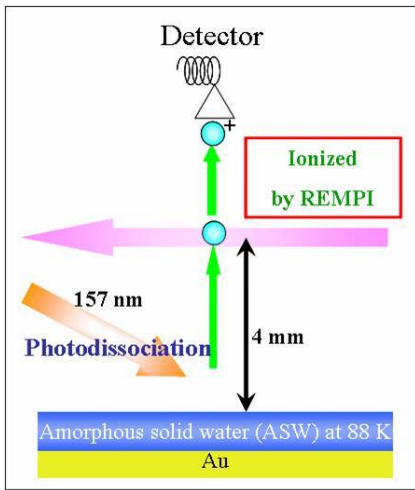


Figure: Image of REMPI experiment