

1. 研究課題名：水素—表面反応基礎過程；スピン効果、反応ダイナミクス、及び星間水素分子の起源
2. 研究期間：平成 17 年度～平成 21 年度
3. 研究代表者：並木 章（九州工業大学・工学部・教授）

4. 研究代表者からの報告

(1) 研究課題の目的及び意義

本研究の目的は、水素原子と表面の反応、即ち、原子の表面吸着から分子脱離に至るまでの基礎過程を、表面科学的な手法を用いて解明することである。シリコン表面においては Si-H の結合は典型的な共有結合である。共有結合軌道の 2 個の電子は異なるスピンを持っている。このことは H 吸着過程においてスピン効果がどのように効いてくるのかという素朴な疑問を提起する。他方、水氷 (H₂O) 表面では、水素の吸着様式は物理吸着であり、吸着水素の結合エネルギーは大変小さい。その為、水氷表面での水素反応は Si や Ru などの金属表面とは大いに異なることが期待される。水素が吸着した表面に水素原子を照射すると吸着水素の引き抜き反応が起こり、水素分子が脱離する。この引き抜き反応は H 原子と基板原子の結合様式が決定的である。この文脈の中で、本研究では以下の三つの課題、(A). 水素原子の表面吸着過程におけるスピン効果、(B). 表面脱離分子のダイナミクス、(C). 星間水素分子の起源、を実験的に明らかにする。

水素—表面反応の基礎過程の研究は工学及び宇宙科学の観点からして意義がある。半導体プラズマプロセスにおいては作成材料の良否は水素原子の表面反応により決定されている。他方、星の誕生につながる星間水素分子の生成を極低温氷表面での水素反応として実験室的に解明する事は壮大な宇宙表面化学への第一歩となる。

(2) 研究の進展状況及び成果の概要

17 度及び 18 年度には、上記 (A), (B), (C) 3 つの課題それぞれに固有の実験装置を配備し、また、3 人の若手研究者の配置を行った。(A) スピン効果吸着の課題に関しては 6 重極電磁石に H 原子ビームを通してスピン偏極水素ビームの発生を確認した。また、Si 表面への偏極水素原子の吸着確率を測るためのレーザ第二高調光発生装置を完成させた。(B) 脱離ダイナミクスの課題に関しては 飛行時間分布測定装置と水素ビーム—表面反応装置を結合し、総合システムとしての水素—表面ダイナミクス測定装置を立ち上げた。予備的な実験として、300 K の水素分子ビームの Si 表面散乱後の運動エネルギー分布を測り、散乱過程の性質を明らかにした。しかしながら、QMS の感度不足により、水素引き抜き反応で生じた表面脱離水素分子のエネルギー測定には至っていない。(C) 星間水素分子の起源の課題に関しては、超高真空表面分析装置が完成し、それをマイクロ波励起水素ビーム源と結合した。氷表面での水素分子生成実験の予備研究として、低温度での Ru(0001) 表面での吸着重水素 (D) の H 引き抜き反応キネテクスを解明した。しかし、この実験のなかで、極低温表面での水素脱離実験は、分子はその脱離方向で直接 QMS 測定する必要があることがわかってきた。19 年度は、各装置の問題部を解決し、3 つの課題実験に入れるようにする。

5. 審査部会における所見

A— (努力の余地がある)

水素原子と表面の反応における基礎過程として取り上げた 3 つの研究課題、(1) 水素原子の表面吸着過程におけるスピン効果、(2) 表面脱離分子のダイナミクス、(3) 星間水素分子の起源、に対して当初の目的に沿った努力がなされている。しかし研究遂行に必要な 3 組の実験装置の準備に時間がかかっていづれもまだ十分な機能を発揮するに至っておらず、現象解析研究もやや遅れている。装置の早急な完成が望まれる。適当な時期に目標絞り込みなどの検討が必要との意見もあった。装置開発のみではなく、当初の研究目的を達成されることを期待する。