

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	希ガス原子および水素・重水素分子に関する低エネルギー電子衝突の研究
Title(English)	
著者(和文)	重村圭亮
Author(English)	Keisuke Shigemura
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10071号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:北島 昌史,河内 宣之,大島 康裕,木口 学,河合 明雄
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10071号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

# 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	化学	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（理学）
学生氏名： Student's Name	重村 圭亮		指導教員（主）： Academic Advisor(main)	北島 昌史	
			指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	河内 宣之	

## 要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

電子-原子・分子衝突は量子力学の少数多体系における理論モデルの検証として重要であるばかりでなく、プラズマ科学や放射線化学といった種々の応用分野の基礎としての重要性から、これまで広く研究されてきた。特に低エネルギー領域における電子衝突は入射電子の持つ運動エネルギーと比較して相対的に電子の感じるポテンシャルエネルギーが大きくなるために、精密に理論モデルの検証できる系として有用である。また、超低エネルギー電子衝突では、入射電子の速度が遅くなるために相互作用の時間が長くなり、より振動・回転という核の運動の周期に近づく。そのため電子-原子・分子衝突においては核の運動が散乱の結果に現れやすい系であると考えられる。そこで本研究では基本的な原子である希ガスと水素分子を標的として低エネルギー領域の電子衝突断面積を測定し、電子-原子・分子衝突の理論モデルの検証をすることを目的とした。

一般的な熱フィラメントからの熱電子を利用する電子衝突実験では、電子生成時における熱運動に由来する電子のエネルギー拡がりのために、低い衝突エネルギーにおいては電子ビーム強度が低下するために、特に超低エネルギー領域での実験は困難であった。本研究は、放射光を用いて生成するしきい光電子を利用した。しきい光電子は生成時に運動エネルギーをほとんど持たないために、先に述べた問題点を克服できる。このしきい光電子を電子源に着目した、しきい光電子源を用いた高分解能超低エネルギー電子衝突実験装置により低エネルギー領域の全断面積測定を He, Ne などの希ガスと水素分子およびその同位体を標的として行った。また、これまでエネルギーの精度良く知られた内部標準が無い標的に対してエネルギー校正を行うことができなかったが、新たに混合ガスを標的とした電子ビーム強度の吸収測定によるエネルギー校正值決定の手法を確立することにより、 $H_2$ ,  $D_2$  の全断面積も精度良くエネルギー校正できた。この手法は水素分子に限らず、他の分子の共鳴構造も精度良くエネルギーを決めることのできる手法である。

実験の結果 He, Ne の電子衝突全断面積を高分解能で 10 meV を下回る領域まで測定することに成功した。超低エネルギーの領域においてもこれまでの理論計算と非常に良い一致を示すことを明らかにした。Ar, Kr, Xe といった重原子を標的とした際に見られた理論計算と実験の不一致は観測されなかったので、重い希ガスの電子衝突における不一致はスピン軌道相互作用の計算や、電子数が多いことによる計算の複雑さといった重原子特有の原因であり、散乱問題の基本的な理論モデルの枠組みを否定するものではないことを検証するに至った。また得られた断面積に基づき、変形散乱距離理論による解析を行い、散乱長を得た。散乱長を理論計算結果と比較することで、理論計算によって得られる零エネルギー極限の情報も検証することができた。

さらに  $H_2$ ,  $D_2$  を標的として全断面積測定を行った。3 eV の形状共鳴に由来するピーク上部でのみ両者にやや差異が見られ、 $D_2$  の方が形状共鳴を経由する共鳴過程の寄与がやや小さいことを示唆することができた。 $H_2$  全断面積測定のエネルギの低い極限ではこれまでに存在した実験例をおおよそ再現した。 $H_2$  と  $D_2$  の低エネルギー極限における差異は見られず低エネルギー極限にて期待した回転・振動という核の運動に起因する断面積差異は明確には観測されなかった。また、装置が非常に高い分解能を持つことを利用し、 $H_2$ ,  $D_2$  の Feshbach 共鳴に由来する非常に小さな構造を全断面積上に観測することに成功した。このエネルギー位置やエネルギー間隔を理論計算との結果と比較することで共鳴過程の理論計算の検証も行った。共鳴過程の理論計算は非常に困難であり、最新の理論計算報告でも共鳴状態の状態計算を行っていても全断面積上に現れる構造の予測にまでは至っておらず、これからの理論計算の指針を得ることが出来た。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	化学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (理学) Doctor of (Science)
学生氏名 : Student's Name	重村 圭亮		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	北島 昌史
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	河内 宣之

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Absolute total cross sections for electron scattering from He, Ne, H<sub>2</sub>, and D<sub>2</sub> are obtained at very low electron energies under high-energy resolution conditions using threshold-photoelectron sources. Absolute total cross sections for electron scattering from He and Ne at the energy range for 20 eV-5 meV are reported. Theoretical cross sections data at very low energy are compared with the present data. In spite of large discrepancies between experimental data and theoretical data are found for total cross sections for electron scattering from Ar, Kr, and Xe at low energy, present data agree well with theory for He and Ne. This indicates that the discrepancies in Ar, Kr, and Xe are due to complexity cause target atoms having too many electrons and effects for spin-orbital coupling. The scattering lengths for electron scattering from He and Ne are also determined from the present total cross sections using the modified effective range theory. The resonant structures in the total cross sections due to Feshbach resonances of He and Ne are also observed. Analysis of the resonant structure were carried out based on the spin-dependent resonant scattering theory in order to determine the values of natural width of Feshbach resonance of Ne.

Absolute total cross sections for electron scattering from H<sub>2</sub> and D<sub>2</sub> are also measured at the energy range of 20 eV-50 meV. The measured cross-sections for H<sub>2</sub> and D<sub>2</sub> showed slight discrepancies between the two molecules at around the shape resonance region around 3eV. This discrepancy can be considered to reflect the different motion of the nuclear due to the difference of the mass and thus, indicates that theoretical calculation must include the effects of motion of nuclear for precise estimation of cross sections. The structure due to the Feshbach resonance of H<sub>2</sub> and D<sub>2</sub> are also observed and comparison with the theoretical results are reported.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).