

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 中島 正和

直鎖の炭素骨格の末端に水素原子、酸素原子、硫黄原子などが結合した分子種は、電波天文学による観測により、多くの種類が星間分子として観測されていることもあり、早くから注目を集めていた。これまでに電波望遠鏡や実験室のマイクロ波分光により、これらの炭素鎖分子の電子基底状態に関する研究は数多く報告されているが、可視・紫外領域に広がる電子遷移を観測した研究は、これらが希薄な星間雲による可視領域の吸収スペクトル、いわゆる「ぼけた星間線 (Diffuse Interstellar band)」の有力な候補と考えられてきていたにもかかわらず、ごく最近までほとんど進んでいなかった。本論文は、主としてレーザー励起蛍光法により、特に末端に硫黄原子を含む炭素鎖分子の電子スペクトルを観測し、その詳細を明らかにしたものである。また、レーザー励起蛍光分光法の適用の困難な分子や、それだけでは解析の困難な分子のスペクトルの観測の新しい手法として、フーリエ変換マイクロ波分光法と組み合わせた、全く新しい2重共鳴分光法を開発し、これら炭素鎖分子の解析に役立てることも行っている。

論文は全体で6章からなり、第1章は一般的な導入に当てられている。ここでは炭素鎖分子の研究の背景、特に硫黄を含む炭素鎖分子のこれまでの研究に関して概観している。第2章は実験装置の説明に当てられており、レーザー励起蛍光法、超音速ビーム中に炭素鎖分子を効率的に生成するための手法などが説明されている。

第3章は、本研究で開発された全く新しいタイプの2重共鳴分光法について詳細に記述している。この分光法は、パルスマイクロ波によって生成したコヒーレントな2準位から放出される自由誘導放出を検出しながら、そこに可視・紫外のレーザー光を照射し、このコヒーレンスが、レーザー光による遷移で壊されることを検出することにより、2重共鳴スペクトルを得るもので、原理的には100%の信号変化を起こすことのできる手法である。本論文では、CCSとC₄Hの2種類の炭素鎖分子に対し、この2重共鳴分光法を試み、信号を観測するとともにこの手法の適用可能性について論じている。

第4章は、硫黄を含む炭素鎖分子の一つであるCCSの可視スペクトルの観測と解析が記述されている。この分子は、暗黒星雲など様々な星間空間中にその純回転スペクトルが観測され、星間空間中での分子進化や、分子雲の成長過程をプローブする重要な分子として注目されている分子である。等電子価分子であるCCOとの対比から、可視領域に電子遷移があることが予測されていたが、ごく最近まで観測が報告されていなかったものである。本論文では、600 - 950 nmの広い領域にわたりこの分子のスペクトルを観測し、励起状態の振電構造を詳しく明らかにしている。特に、レーザー励起蛍光分光法の適用が困難になるもっとも波長の長い領域で上述の2重共鳴分光法を有効に利用して精密な分子定数を決定して励起状態の振電構造を明らかにしている。また、変角振動の励起状態のスペクトルの解析から、電子励起状態に存在するRenner-Teller効果の詳細も明らかにして

いる。更に、これらの実験結果の解釈のため高精度の分子軌道計算も行い、比較している。

第5章では、より炭素鎖の長い分子 HC_4S の電子遷移を 500 nm 領域に初めて観測したことが記述されている。この分子およびその重水素置換体 DC_4S の回転構造まで分離したスペクトルを観測、解析し、分子種の同定を行うとともに励起状態の分子定数を精密に決定した。また、この領域のスペクトルが、より短い炭素鎖分子である、 HCCS の 400 nm のそれに対応するものであることも明らかにした。

第6章は、更に長い炭素鎖を持つ分子 HC_6S と DC_6S のスペクトルの観測が記述されている。 HCCS と HC_4S の遷移の位置からの外挿から、これらの分子のスペクトルの位置を 590 nm 付近と予測し、実際にその領域にスペクトルを観測し、精度の高い分子定数を決定した。観測された電子遷移の波長を、 HCCS 、 HC_4S と共にプロットする事により、この系列ではそれらが炭素鎖の長さに比例していた。これは遷移に関与する π -電子軌道が簡単な1次元自由粒子でよくモデル化できることを示している。また、この系列の分子では、炭素鎖が長くなると励起状態の無輻射遷移による緩和が系統的に早くなることを見いだした。これは、炭素鎖分子の電子励起状態のエネルギー緩和機構の解明の基礎データになると考えられる。

このように、本研究は興味深い一連の炭素鎖分子を取り上げ、その詳細を明らかにしたもので、その学術的な価値は極めて高いと評価できる。なお、これらの研究結果は、すでに3報の論文として印刷公表されている。第3章から6章まで内容は、遠藤泰樹、住吉吉英氏との共同研究であるが、いずれも提出者が主体となり実験、解析、考察を行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断した。

よって本審査委員会は、博士（学術）の学位を授与するにふさわしいものと認定する。