

氏 名	もり さわ ゆう すけ 森 澤 勇 介
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2941 号
学位授与の日付	平 成 17 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理 学 研 究 科 化 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Spectroscopic Study of Some Chemically Significant Molecules in Molecular Clouds (分子雲中で化学的に重要ないくつかの分子学的研究)
論文調査委員	(主 査) 助教授 百 瀬 孝 昌 教 授 梶 本 興 亜 教 授 谷 村 吉 隆

論 文 内 容 の 要 旨

過去20年以上にわたる電波望遠鏡による探査によって、宇宙空間には実に多様な分子種が存在することがわかってきた。しかしながら未だこれら分子の生成機構に関しては、謎が多い。そこで、本研究ではこの星間に存在する分子の生成機構を解明することを目的として、以下の3つのテーマについて研究を行った。その成果は以下の通りである。

(I) 暗黒星雲コアにおける環状 C_3H_2 のオルト・パラ比の観測とその解析

環状 C_3H_2 は、この分子が持つ異常に大きな双極子モーメントのため、宇宙空間の至るところでその回転発光信号が検出されている。本テーマでは、環状 C_3H_2 のオルト・パラ比を観測することで、その星雲の化学的な年齢を明らかにすることができることを、観測およびその解析から明らかにした。環状 C_3H_2 は等価な水素核を2つ持つため、その核スピン状態の違いで、オルトとパラの2つに分類できる。オルトとパラの間の変換は宇宙空間のような相互作用のない場所では非常に遅いため、オルト・パラ比が星雲の物理・化学的性質の情報を持っていることが期待される。そこで、野辺山宇宙電波観測所の45m望遠鏡を用い、これまでにその化学進化について比較的良好に研究されている代表的な暗黒星雲である Taurus Molecular Cloud 1 (TMC-1) のいくつかのコアについて、 $c-C_3H_2$ 分子のオルト・パラ比を観測した。その結果、これまでに知られている化学的寿命と $c-C_3H_2$ 分子のオルト・パラ比の間に一定の相関があることを明らかにした。さらにこの相関が、 $c-C_3H_2$ 分子が生成・消滅するときの核スピン保存則によって説明されることを、化学モデル計算によって初めて明らかにした。

(II) 分子雲における負イオンの探査

星間空間中には多数の正イオン分子が存在することがこれまでの観測によって知られているが、その逆電荷を持つ負イオンについては、これまでのところその存在を確認したという報告はない。しかしながら、多くの分子は正の電子親和力を持ち、また暗黒星雲の内部では強力な紫外光が届かないために、電子離脱がそれほど起こらないことを考えると、宇宙空間にも負イオン分子が存在しても不思議ではない。そこで、野辺山宇宙電波観測所の45m望遠鏡およびスペイン IRAM 30m 望遠鏡を用いて宇宙空間のいくつかの領域で負イオンの探査を行った。その結果 L134N という暗黒星雲で、 CCH^- 由来する可能性が高い信号を検出した。実験室における CCH^- の回転遷移の観測がまだ行われていないため、いまだ同定は確実ではないが、もしこの遷移が CCH^- によるものであるならば、その遷移強度から得られる負イオンの存在量は、これまでの推定値と比べて約1000倍以上大きい。そこで、この結果を説明するための新しい化学モデルを提案した。

(III) 中性分子 D_3 の赤外吸収分光

分子雲の中の分子種の99%は水素分子であり、これが高エネルギー宇宙線によって電離されてプラズマ状態になっている。このプラズマ中で生成されると予想される D_3 のダイナミクスの詳細を明らかにすることを目的として、実験室における高分解能赤外レーザー分光を行った。スペクトル線形の解析から、 D_3^+ と電子の再結合によって生成する D_3 のダイナミクスが明らかになることを指摘した。

論文審査の結果の要旨

宇宙空間に存在する多種多様な分子の生成機構については、未だにわからないことが多い。その理由は、宇宙空間が超高真空・超低温という特殊な環境であるためである。一般に化学反応は高温かつ密度の高い環境の方が速度が速く進行すると考えられている。そこ結果、これまでの化学反応の理解では、宇宙空間のような超高真空・超低温という特殊な環境下で、これほど多くの分子が分子雲の寿命（ $\sim 10^6$ 年）の間に生成することは予測できない。そのため、宇宙空間の化学を理解するためには、新しい低温・低密度の化学反応の開拓が必要である。

申請者（森澤氏）はこの未解明の宇宙空間での分子生成機構を理解するために、3つのテーマに取り組んだ。(I)暗黒星雲コアにおける環状 C_3H_2 のオルト-パラ比の観測とその解析では、環状 C_3H_2 のオルト-パラ比に着目し、この比が分子雲の化学的年齢と強い相関を持つことを、野辺山宇宙電波観測所の 45m 望遠鏡による観測で初めて明らかにした。また、この相関が、 $c-C_3H_2$ 分子が生成・消滅するときの核スピン保存則によって説明されることを、化学モデル計算によって明らかにしたことは、宇宙空間の化学を理解する上で新しい視点が有用であることを指摘しており、重要な結論である。(II)分子雲における負イオンの探査では、これまで存在が明らかになっていない、負イオン分子の探査を野辺山宇宙電波観測所の 45m 望遠鏡およびスペイン IRAM 30m 望遠鏡を用いて行った。その結果、L134N という暗黒星雲で、 CCH^- に由来する可能性が高い信号を検出した。この同定は、未だ確実ではないが、もしこの遷移が CCH^- によるものであるならば、これまでの化学モデルにはない新しい負イオンの関与する化学が重要な寄与を示しており、その観測結果は多方面に大きなインパクトを与えた。(III)中性分子 D_3 の赤外吸収分光では、宇宙空間に最も多く存在する水素分子に着目し、そのプラズマ中に生成することが期待される D_3 のダイナミクスを、高分解能赤外分光によって解明することに取り組んだ。 D_3 は、 D_3^+ と電子の再結合によって生成すると考えられており、これまで実験室で観測されていない D_3^+ に関する重要な情報を与えてくれるはずである。その結果は、今後の宇宙科学の進展に大きなインパクトを与えると期待される。

このように、本研究では宇宙空間での分子生成機構を理解するために、宇宙空間の化学反応過程で重要な役割を果たしていると期待される3つの分子種について、実験室での実験および望遠鏡を用いた観測を行い、これまでにない新しい知見を得た。その成果は物理化学・宇宙科学およびその周辺分野に大きな貢献をしたといえる。よって本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。

本論文および参考論文に報告されている研究業績を中心として、これに関連した研究分野について口頭試問した結果、合格と認めた。