

# 論文審査の結果の要旨

氏名 田中邦彦

本論文は5章からなる。第1章はイントロダクションとして、これまでの中性炭素からの電波輝線観測について、特に、本研究の課題である大質量星の周囲に形成されたHII領域内部に存在するブライトリム(Bright Rim)と呼ばれる電離された表面領域を持つ小分子雲(グロービュール)についての観測を中心にまとめられている。第2章では、本論文の主要な観測装置である富士山頂電波望遠鏡について述べ、第3章ではIC1396領域の観測とその結果が、第4章では $\lambda$ -オリオン領域中のB30, B35分子雲の観測とその結果が記述されている。最後に第5章で、二つの観測結果をまとめ、それに基づいて、分子雲の進化と中性炭素量の関係について議論している。

我々の銀河系の体積の大部分は、異なる密度、温度および電離状態を持つ多様な層の星間物質で占められている。星間物質の諸相のうち、冷たく高密度な(温度 $\sim 10$  K, 密度 $=10^{2-7}$  cm $^{-3}$ )分子雲領域は星形成の母体となる領域である。その中でも高密度な分子雲コアと呼ばれる領域に対して、ミリ波の分子回転輝線等による観測が多数行われ、星形成過程の研究が進められてきた。しかし、星形成にいたる前段階、すなわち希薄な原子ガス層から分子雲が形成される過程については未知の部分が多く残されている。分子雲、原子ガス相において元素としての炭素はそれぞれ主に、C $^{+}$ イオン、一酸化炭素分子(CO)の形態をとり、中性炭素原子(C $^0$ )はその両者の遷移相をトレースすると考えられている。1990年代以降の中性炭素原子のサブミリ波帯の微細構造輝線([CI])輝線の広域観測によって、多くの分子雲におけるC $^0$ の分布がしだいに明らかになってきた。当初は、分子雲に観測される[CI]輝線はCOが紫外線により電離されてできる光解離領域(PDR)に起源を持つものと思われたが、その後の観測により、C $^0$ はPDR以外にも分子雲の内部に広く分布することがわかってきた。これは、化学的に非平衡な状態にあるC $^0$ から放射される可能性を示唆する。もしそうであれば、C $^0$ は分子雲形成過程の有効なプローブであると考えられるが、この描像は未だに観測的に十分に確立されていない。

本論文で、論文提出者は、太陽系の比較的近傍に位置し(距離750 pc)、多数のグロービュールを含む領域としてよく知られているIC1396領域について富士山頂サブミリ波望遠鏡による[CI]  $3P_1-3P_0$ 輝線の広域観測、野辺山45m望遠鏡によるグロービュールのC $^{18}O$   $J=1-0$ , SO  $J_N=3_2-2_1$ およびN $_2H^+$   $J=1-0$ 輝線の観測を行った。

分子雲の進化の力学的進化、化学的進化の時間尺度は、どちらも $\sim 1$  My程度と考えられる。IC1396領域の年齢は2.5 Myrと推定されているので、比較実験として、進化の違いが現れると考えられる、年齢4-7 Myrとの $\lambda$ -Orionis領域中の分子雲であるB30, B35

について、富士山頂サブミリ波望遠鏡による[CI]  $^3P_1$ - $^3P_0$ 輝線のマッピング観測、および野辺山45m望遠鏡によるCO  $J=1-0$ ,  $^{13}\text{CO}$   $J=1-0$ ,  $\text{C}^{18}\text{O}$   $J=1-0$ 輝線の観測を行った。

論文提出者はこれらの観測について詳細な解析を行い、[CI]放射が分子雲の進化を直接反映することを示す強い観測的証拠を得た。すなわち、(1)グロビュールの表面をイオン化する紫外線源に対するCOおよび[CI]放射の位置関係が、IC1396領域と $\lambda$ -Orionis領域で異なり、前者は分子雲のコア領域に存在する $\text{C}^0$ が卓越し、後者ではPDRの $\text{C}^0$ が優勢であると考えられる、(2) 分子雲全体にわたる $\text{C}^0$ とCOの存在量の平均比は、分子雲の力学的な進化の度合いを表すパラメータであるビリアル質量-質量比や $\text{N}_2\text{H}^+$  輝線強度と強く相関し、進化が進むほど $\text{C}^0/\text{CO}$ は小さくなる。以上の観測結果は、分子雲形成初期には、 $\text{C}^0$ は分子雲全体に分布し、きわめて高い $\text{C}^0/\text{CO}$ 比を持ち、PDR領域では、光解離反応と $\text{C}^+$ の再結合反応は急速に平衡に達するが、分子雲内部に分布した $\text{C}^0$ は分子-分子間の遅い反応によって徐々に $\text{C}^0$ へと変化する、という分子雲中の $\text{C}^0$ 進化の描像により統一的に説明することができる。

本論文で論文提出者は、IC1396領域および $\lambda$ -Orionis領域中の[CI]、CO放射を系統的な観測により、 $\text{C}^0$ が分子雲の進化を反映することを観測的に確立した。これは、星間物質の研究に大きなインパクトがあり、かつ新規性に富むものである。したがって研究内容とその結果は博士（理学）の学位に相応しいものである。

また、本論文の研究は、山本、岡らとの共同研究であるが、論文の主要な成果であるIC1396領域および $\lambda$ -Orionis領域の観測、そのデータ処理、観測結果の解釈は論文提出者が独自に行ったものであり、論文提出者の主体性と寄与は博士論文として認めるのに十分であると判断する。

したがって、本論文提出者に博士（理学）の学位を授与できると認める。