

論文審査の結果の要旨

氏名 下 西 隆

本論文は、大小マゼラン銀河(以下 LMC, SMC)において主に赤外線天文衛星「あかり」による赤外線観測を行い、ダストの氷マントル中に存在する固相の二酸化炭素(CO_2)、一酸化炭素(CO)、および水(H_2O) (以下ではすべて固相)を多くの原始星天体で検出した結果をまとめたものである。その結果を基に、原始星形成の母体である分子雲中における氷の存在形態について議論している。特に、地上からは観測できない、氷マントル中の固相の CO_2 を新しく検出し、その存在量を、金属量・ダスト温度等の環境が異なる LMC、SMC および天の川銀河(以下 MW)と比較し、その形成に関して新しい知見を得た。

本論文は7章からなる。第1章は序章であり、本研究の背景がまとめられている。特に、分子雲内での物質形態としてのダストの構造について詳しく述べられている。水素・ヘリウムに次いで豊富な元素であり、ダストの核成分としても重要な酸素および炭素からなる、揮発性氷マントル主成分 $\text{H}_2\text{O} \cdot \text{CO} \cdot \text{CO}_2$ の分子雲中での化学進化の重要性およびそれらの $2\text{-}5\ \mu\text{m}$ 帯のスペクトルの特徴がまとめられている。さらに、「あかり」衛星に搭載されていた観測装置、対象天体であるマゼラン銀河での今までの観測結果がまとめられている。

以下、第2-4章では、LMC の観測とその結果について述べており、第5-6章では、さらに SMC の観測を追加し、議論を進めている。

第2章では、「あかり」を用いて行われた、LMC の撮像・超低分散(~ 30)分光観測とデータ解析について述べている。約 10 平方度で 1000 個以上の天体の近赤外線超低分散スペクトルを得た。その大半はスピッツァー宇宙望遠鏡による 8 および $24\ \mu\text{m}$ 天体と同定された。

第3章では、前章で検出した多くの天体の中から大質量原始星を選択する方法について述べている。まず、赤外線カラーにより 450 個の天体を原始星候補として選択した。最終的にその中から CO_2 の強い吸収が見られる天体として7個の大質量原始星を選び出した。これらの天体スペクトルは CO_2 とともに H_2O の強い吸収を示す。

第4章では、 CO_2 と H_2O との柱密度の関係について議論している。まず、上記7個に加えて、VLT (ヨーロッパ南天大望遠鏡) によるデータからの天体を加え、計 15 個の天体について、「あかり」のポストヘリウム観測期間に低分散(~ 100)スペクトルを得た。スペクトルの吸収深さから柱密度を求めた結果、LMC では、

$\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 比が MW の大質量原始星の 2 倍の値を持つことを示した。 CO_2 は氷マントル中（ダスト表面）で CO から形成されると考えられている。MW と LMC とでは、金属量は異なるが C/O 比はあまり変わらないとされているので、この違いは、LMC の方が平均的にダスト温度が高く、CO から CO_2 が形成される反応が進みやすいためであると推察している。一方、 $\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}$ は原始星の総光度に対して負の相関を持つことを示した。

第 5 章では、さらに金属量の小さい SMC での探索を行い、2 個の CO_2 吸収の強い天体を見つけた。これを含む計 5 個の原始星のスペクトルを取得し、 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 比を調べた結果、MW に近い値となった。SMC の平均的なダスト温度は、LMC よりさらに高いが、そのために、昇華温度の低い CO がダスト表面に吸着しにくく、結果的に、 CO_2 の形成が LMC よりも小さくなっていると推察している。ただし、このダスト温度がどの温度を示すのかなどが不確定であり、 H_2O 氷生成の条件もダスト温度に依ることなどを考慮すると、さらに詳しい今後の検討が必要である。一方、前章で示した $\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}$ の原始星総光度に対する負の相関は SMC・MW でも同様の傾向が見られた。さらに、同じ総光度に対しての $\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}$ 量は、これら 3 銀河で金属量の順になっていることを示した。

第 6 章では、第 5 章で示した $\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}$ の総光度に対する負の相関が、1) 金属量、つまり、ダストの総量に依っているのか、2) ダスト温度に依っているのか、を区別するために、スピッツァー望遠鏡で観測されたスペクトル中に見られる深いシリケートによる吸収を解析し、それから減光量を求めた。減光量はダスト総量に比例していると考え、前述の $(\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}) / \text{減光量}$ と総光度との相関を調べると、3 つの銀河はほぼ同じ値を示した。これにより、上記 2 つの可能性のうち、1) の説明がより正しいと結論した。

第 7 章は論文全体のまとめである。本論文は、金属量、ダスト温度等、大質量星形成の母体である分子雲の環境が異なる 3 つの銀河での氷マントルの量を定量的に比較するために、LMC および SMC での大規模な分光観測を行い、今まで観測が難しくデータが少なかった CO_2 を多数検出し、 $\text{H}_2\text{O} \cdot \text{CO} \cdot \text{CO}_2$ の系統的な新しい観測結果を示している。さらに、観測データのみならず、今後の研究の発展に対して重要な貢献をする新しい相関を示した考察はオリジナリティが高い。

本研究は、尾中敬、加藤大輔、左近樹、板由房、河村晶子、金田英宏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって観測・データ解析・議論を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。