

低質量星形成領域における化学的多様性

Chemical Diversity of Low-Mass Star Forming Regions

坂井 南美^{1*}, 山本 智¹

Nami Sakai^{1*}, Satoshi Yamamoto¹

¹東京大学

¹The University of Tokyo

1. 原始星の形成と物質進化

低質量星の形成過程において、原始星のまわりには1000 AU程度のガス円盤が形成され動的降着源となる。この原始星円盤はやがて原始惑星系円盤に進化すると考えられている。従って、星形成から惑星系形成に至る物理進化を理解する上で、原始星円盤の観測的研究は重要である。

一方、原始星円盤から原始惑星系円盤への化学進化も、惑星環境や生命の起源などとも関連する重要な分野である。近年、低質量原始星において、HCOOCH₃などの大型飽和有機分子が電波観測によって検出され、先太陽系有機物質との関係で話題となった。これらの分子は星形成に伴う温度上昇のために星間塵表面から蒸発してきたものと考えられる[Hot Corino化学; e.g. Cazaux et al. 2003; Sakai et al. 2006]。これらの研究の結果、原始星円盤の化学組成の一般的特徴が十分に把握されたかに思われていた。これに対し、我々はまったく異なる化学組成をもつ低質量原始星L1527を発見した[e.g. Sakai et al. 2008]。

2. Warm Carbon Chain Chemistry (WCCC)の発見

おうし座の低質量原始星L1527における大型飽和有機分子探査の過程で、炭素鎖分子C₄H₂が偶然検出された。炭素鎖分子は、一般に星形成以前の若いコアで豊富に存在し、星形成領域では少なくなる。従って、その検出は大きな驚きであった。その後の観測で、C₄H、C₆H、HC₇Nなどの多種多様な炭素鎖分子が豊富に存在していることが示され、しかもそれらの分子は原始星に落下しつつあるガスに存在していた。このことから、L1527は星形成領域にも関わらず炭素鎖分子に恵まれた特異な化学組成をもっていることがわかった。

星形成領域で一般に炭素鎖分子が少なくなる理由は、星形成がおこるまで(10⁶年程度)に化学反応で壊されたり星間塵に吸着されるからである。単純に考えると、L1527では重力収縮が他の原始星の場合よりも早く、炭素鎖分子がある程度生き延びているためと思われる。しかし、L1527の炭素鎖分子の組成は典型的な若い分子雲コア(TMC-1)と系統的に異なる。特に、短い炭素鎖分子の存在量はL1527で極端に多い。このことは単に生き残っているだけでは説明できず、原始星周辺での炭素鎖分子の再生成を強く示唆している。そこで、次のようなメカニズムを提案した。星間塵氷層にはCH₄が含まれている。CH₄の昇華温度は30 Kなので、低温(10 K)では気相に出ないが、原始星周辺の暖かい領域で一挙に蒸発する。これにより炭素が豊富な状態が作られ、様々な炭素鎖分子が再生成する。これをWarm Carbon Chain Chemistry (WCCC) と名付けた。

このような現象は、おおかみ座のIRAS15398-3359においても発見され、WCCCがL1527に限

る現象ではなく、一般的に起こり得るものであることがわかった[Sakai et al. 2009]。WCCCは新しい炭素鎖分子の化学として非常に注目され、化学モデル計算や新しい分子の探査を初めとした活発な研究がなされている(e.g. Aikawa et al. 2008; Hassel et al. 2008)。化学モデル計算によって予想される存在量や空間分布は観測結果と対応し、WCCCメカニズムが起きていることを支持している。

3.低質量星形成領域の化学的多様性

これまで、原始星円盤の化学組成はHot Corino化学が支配していると考えられ、天体による違いはないと信じられてきた。しかし、上記の結果から、物理的に見て同じ進化段階でも化学組成には多様性があることがわかった。この多様性は、星形成に至る物理過程の違いを反映している可能性が高い。もし、分子雲形成から星形成までの時間が短く、自由落下に近いタイムスケール($\sim 10^5$ 年)であれば、多くの炭素が原子のまま星間塵に吸着され、その水素化によってCH₄が相対的に豊富な星間塵氷層が作られる。この場合、WCCCが実現される。一方、ゆっくりと収縮した場合、炭素はCOに変化してから吸着・水素化され、大型飽和有機分子となる。その結果、Hot Corino化学が実現される。もしそうであれば、化学組成を調べることで個々の原始星が作られてきた過程の違いがわかることになる。この考え方は、最近、我々の重水素化分子の観測でも裏付けられた。さらに、この多様性は原始惑星系円盤にも伝播される可能性が高い。我々の住む太陽系の環境がどのような過程を経て作られたのかを解明するためにも重要な結果といえる。

キーワード:星間化学,星形成,原始星円盤,炭素鎖分子

Keywords: interstellar chemistry, star formation, protostellar disk, carbon-chain molecules