

P204a TW Hya 円盤における $^{12}\text{CN}/^{13}\text{CN}$ 比の測定—円盤ガス炭素同位体比の複雑性

吉田 有宏 (総合研究大学院大学/国立天文台), 野村 英子 (国立天文台), 古家 健次 (国立天文台), Richard Teague (MIT), Charles J. Law (University of Virginia), 塚越 崇 (足利大学), Seokho Lee (KASI), Christian Rab (ミュンヘン大学天文台/MPE), Karin Öberg (Harvard/CfA), Ryan Loomis (NRAO)

分子雲から原始惑星系円盤を経て惑星系へと至る惑星系物質の起源と円盤内での物質輸送を明らかにするために、同位体組成は重要なトレーサーである。本研究では、特に、TW Hya 星周りの原始惑星系円盤の炭素同位体組成に着目する。TW Hya 円盤では、これまで、気相中の CO 分子と HCN 分子において炭素同位体比 $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ が測定されている。今回、我々は新たに、ALMA 望遠鏡の未出版アーカイブデータにおいて $^{13}\text{CN } N=2-1$ の超微細構造遷移線が検出されていることを発見した。この観測空間分解能は 0.5 秒角程度であり、原始惑星系円盤においては初めての空間分解された ^{13}CN 分子のイメージを得ることができた。さらに、 $^{12}\text{CN } N=1-0$, $2-1$ 輝線のアーカイブデータと合わせて非局所熱力学平衡モデリングを行い、 ^{12}CN と ^{13}CN の柱密度分布、水素ガス密度、力学的温度に制約を与えることに成功した。水素ガス密度は $(4-10) \times 10^8 \text{ cm}^{-3}$ 程度で、CN 分子がアスペクト比 0.2-0.3 程度の円盤表層に存在することを示唆する。また、 $^{12}\text{CN}/^{13}\text{CN}$ 比は中心星から 30-80 au の領域で 70_{-6}^{+9} であった。これは星間物質の $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ 元素組成比と一致しているものの、先行研究で示された CO や HCN の炭素同位体比 ($^{12}\text{CO}/^{13}\text{CO} = 20 \pm 5$, $\text{H}^{12}\text{CN}/\text{H}^{13}\text{CN} = 86 \pm 4$) とは異なっている。これらの結果は、分子によって放射領域の円盤中心面からの高さが異なることに注意した上で、円盤化学進化の過程で ^{12}C が選択的に固相に取り込まれたとすると自己無矛盾に説明しうる。本研究は、原始惑星系円盤において複雑な炭素同位体分別が進行していることを示唆する。