

1P016 星形成領域 L1527 における SO、HCS⁺、H₂CCO の検出

(東京理科大¹, 国立天文台野辺山², 上智大³)

○茅根 彩花¹, 荒木 光典¹, 高野 秀路², 工藤 沙紀¹, 梅木 博也¹,
山辺 裕倫¹, 越川 直洋¹, 築山 光一¹, 久世 信彦³

【序】これまでに全天における星間分子の発見は 160 種に迫ろうとしている[1]。しかし、回転遷移の性質から大型分子が検出されにくいことを考えれば、星間分子はまだその一部が観測されているに過ぎない。また、ひとつの分子雲に着目すれば、観測されている分子種はさらに限られる。分子の組成を把握し、星形成によってどのように影響を受けるかを解明するためには、ひとつの分子雲でより多くの分子種の観測が望ましい。

低質量原始星領域 L1527 は、暗黒星雲 TMC-1 とならび炭素鎖分子が豊富な天体[2]として注目をされている。今回はその中でも H₂CCO のオルソ-パラ比に焦点を当てた報告を行う。また、硫黄を含む SO と HCS⁺ の検出と双極分子流 (outflow) の速度成分の検出についても報告を行う。

【観測】国立天文台野辺山宇宙電波観測所の 45m ミリ波望遠鏡を用い、2009 年 4 月 11~17 日、2010 年 1 月 15~22 日及び 2011 年 3 月 3~6 日に、おうし座分子雲に属する L1527 において炭素鎖分子、硫黄を含む分子の探査を行った。分光計には 37 kHz と 250 kHz の分解能をもつ音響光学型分光計を用いた。受信機には T100V (80~90 GHz)、S40 (38~48 GHz) と呼ばれる 2 台を同時に用いた。1~2 時間の積算により、雑音温度(ノイズレベル)にして最小で 10~20 mK まで探査した。

【結果】

《H₂CCO》 等価な二つの水素を持つ C_{2v} 対称性の分子である H₂CCO はオルソとパラの 2 種類を持つ。分子雲中でその比を測定することは、その分子の生成が気相反応であるのか塵表面反応であるのかを知る手がかりとなる。具体的には、気相反応ではオルソ - パラ比が 3 となり、塵表面反応では 3 以下となる。そこで、このような分子の検出は、分子雲から星形成が起こる過程での分子組成の変化 (化学的進化) を解明する上で不可欠である。

今回、我々は L1527 において $J_{K_a, K_c} = 4_{1,4} - 3_{1,3}$, $4_{0,4} - 3_{0,3}$, $4_{1,3} - 3_{1,2}$ の 3 本の回転遷移を初めて検出した (Fig. 1)。この 3 本のラインから、柱密度の算出をした。励起温度は C₄H₂ で報告されている 12.3 (±2.3) K[2] と仮定した。その結果、柱密度はオルソが $3.7 (\pm 0.3) \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ 、パラが $2.0 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ であることが分かった。したがって、オルソ-パラ比は 1.8 (-0.1, +0.7) と求めることができた。よって、L1527 での H₂CCO の生成は塵表面反応の寄与の可能性が大きいと示唆された。

《HCS⁺》 $J = 1-0$ の回転遷移を L1527 で初めて検出した。励起温度を 12.3 (±2.3) K[2] と仮定し、柱密度を計算した結果 $5.4 (\pm 0.6) \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ であった。

《SO》 $N_J = 0_1-1_0$ の回転遷移を L1527 で初めて検出した。また、そのラインは裾に広がりを持ち、視線速度 5.8 kms^{-1} を中心に $4.6 \sim 7.5 \text{ kms}^{-1}$ にわたる成分が観測された (Fig. 2(a))。よって、L1527 では原始星円盤の中心から放出される双極分子流 (Fig. 3) にも SO が存在することがわかった。L1527 における双極分子流部分に存在する分子は HCO⁺ が報告されているが[3]、SO の存在はこれが初めてである。また、これらを考慮した上で、励起温度を 12.3

(± 2.3) K[2]と仮定し、柱密度の計算を行った結果、 $6.9(\pm 2.2) \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ であり、そのうち双極分子流部分の柱密度は $3.4(\pm 1.4) \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ であった。

《C₄H》 $N = 4-3, J = 4.5-3.5, N = 4-3, J = 3.5-2.5, N = 9-8, J = 9.5-8.5, N = 9-8, J = 8.5-7.5$ の回転遷移を検出した。Fig. 2(b)、(c)より、後者の2本の遷移ではわずかではあるがピークよりも視線速度の小さい範囲でS0と似たような裾に広がりが見られた。よって、双極分子流の部分にC₄Hが存在することが示唆された。これらを考慮し、励起温度を $14.3(\pm 1.3)$ Kと仮定して柱密度の計算を行った結果、 $1.0(\pm 0.05) \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ であった。

《c-C₃H₂》 $J_{Ka, Kc} = 4_{3,2} - 4_{2,3}$ の回転遷移をL1527で検出した。Fig. 2(d)より、わずかではあるがピークよりも視線速度の小さい範囲でS0と似たような裾広がりが見られた。よって、双極分子流の部分にc-C₃H₂が存在することが示唆された。

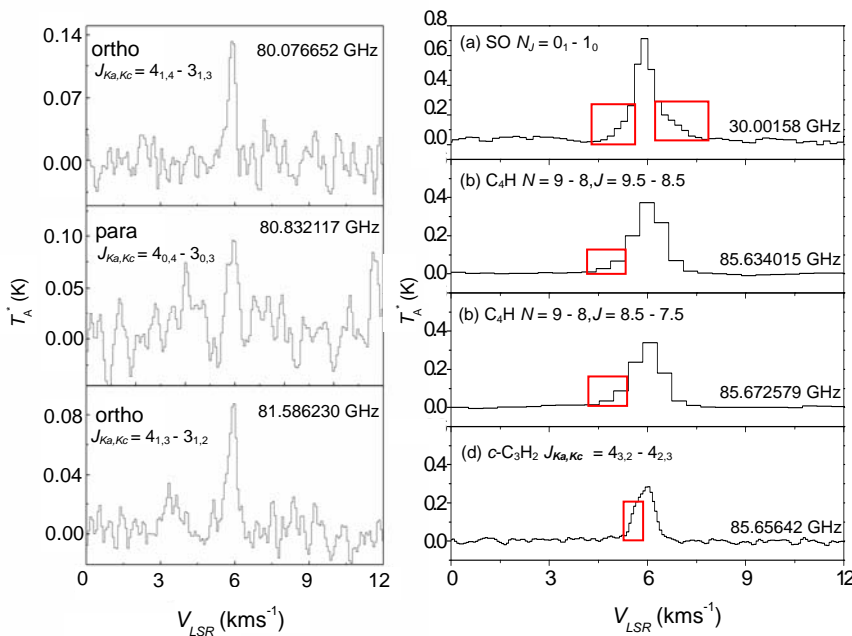


Fig.1、80 GHz 帯における H₂CCO ($J_{Ka, Kc} = 4_{1,4} - 3_{1,3}, 4_{0,4} - 3_{0,3}, 4_{1,3} - 3_{1,2}$) の回転遷移

Fig.2、双極分子流の成分が現れている分子の回転遷移

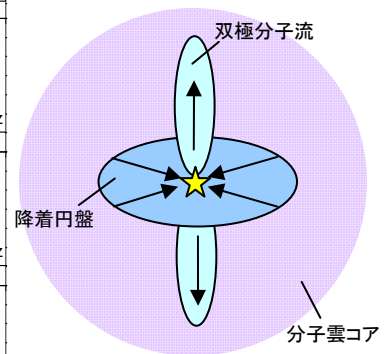


Fig.3、分子雲コアにおける双極分子流の模式図

[1]理科年表 2011 年度版 国立天文台編

[2] Sakai *et al.*, *ApJ*, **672**, 371 (2008)

[3] Sakai *et al.*, *ApJ*, **702**, 1025 (2009)