

2P006 おうし座分子雲 TMC-1 と L1527 における酸素を含む炭素鎖分子の観測 (東京理科大¹、国立天文台野辺山²、上智大³)

○山辺裕倫¹、越川直洋¹、荒木光典¹、築山光一¹、高野秀路²、久世信彦³

【はじめに】

これまでに全天における星間分子の発見は 150 種に迫ろうとしている。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と言える。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。化学進化の解明のためには、ひとつの分子雲でより多くの分子種の観測が望ましい。

等価な二つの水素を持つ C_{2v} 対称性の分子(H_2CCO など)はオルトとパラの異性体を持つ。分子雲中でその異性体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可能性がある。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温度・密度・分子組成の変化(物理的・化学的進化)を解明する上で不可欠である。

低質量原始星領域 L1527 は近年、炭素鎖分子と酸素を含む分子が両方存在する分子雲として注目されているⁱⁱⁱ。一方、暗黒星雲 TMC-1 では炭素鎖分子の観測例が多く、それに対し酸素を含む分子の観測例は少ない。それにもかかわらず、TMC-1 ではこれまで 5 本の H_2CCO の回転遷移が観測されているⁱⁱⁱ。このことから、我々は L1527 でも H_2CCO の検出が可能であると予想し、その観測を行った。

今回の観測では、同時に検出が可能な酸素を含む炭素鎖分子 HC_4OH ^{iv} と環状 $c-C_3H_2$ の探査も行った。本発表ではこれらの進展状況を報告する。

【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 日まで、おうし座分子雲に属する L1527 および TMC-1 において H_2CCO 、 HC_4OH 、 $c-C_3H_2$ の探査を行った。分光計には 37 kHz の分解能をもつ高分解能音響光学型分光計を用い、受信機には 80~81 GHz 帯を観測できる T100V 受信機を用いた。1 時間 18 分の積算により、雑音温度(ノイズレベル)にして 20 mK まで探査した。

【結果と考察】

・ H_2CCO / L1527

H_2CCO の $J = 4_{1,3} - 3_{1,2}$ 、と $4_{0,4} - 3_{0,3}$ の 2 本の回転遷移を L1527 で初めて検出した(図 1)。異性体比を 1:3(=パラ:オルソ)、励起温度を 12.3 Kⁱⁱ と仮定し、柱密度(存在量)を $3.8 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ と暫定的に求めた。検出を確定し異性体比を決定するためには、少なくとももう 1 本の回転遷移(例えば $J = 4_{1,4} - 3_{1,3}$)の観測が必要であり、今後もこの分子の探査を継続する予定である。

・ H_2CCO / TMC-1

これまで、この分子雲において H_2CCO は $J = 1_{0,1} - 0_{0,0}$ 、 $2_{0,2} - 1_{0,1}$ 、 $2_{1,2} - 1_{1,1}$ 、 $2_{1,1} - 1_{1,0}$ 、 $5_{1,5} - 4_{1,4}$ の回転遷移の観測が行われているⁱⁱⁱ。今回の観測ではこれらに加え $J = 4_{0,4} - 3_{0,3}$ の

回転遷移を新に観測することができた。そこで、様々なエネルギーレベルに分布する回転遷移を用いて柱密度を求めることができる。異性体比を 1:3、励起温度を 5 K と仮定し、S/N の低い $J=5_{1,5}-4_{1,4}$ 回転遷移を除く合計 5 本の遷移から、 H_2CCO の柱密度を $7.0 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ と求めた。

・ $\text{c-C}_3\text{H}_2/\text{L1527}$

これまで、L1527 において、 $\text{c-C}_3\text{H}_2$ は $J=4_{3,2}-4_{2,3}$ (85656.431 MHz) の回転遷移が観測されているⁱⁱ。今回の観測では、 $J=4_{2,2}-4_{1,3}$ (80723.941 MHz) の回転遷移を新たに観測することができた。異性体比を 1:3、励起温度を 12.3 K と仮定し、これら 2 本の回転遷移から、柱密度を $9.4 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ と求めた。

・ HC_4OH

L1527 では、柱密度 $1 \sim 2 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ (励起温度を 12.3 K と仮定) で存在の兆候が見られるものの、実験室による静止周波数の決定精度が不十分であることに加えて、スペクトルの S/N が不十分であるために、検出を確定できない。今後とも探査を継続する。

TMC-1 では、 HC_4OH の観測に限り、21 GHz ($J=5_{0,5}-4_{0,4}$) および 30 GHz ($J=7_{0,7}-6_{0,6}$) の周波数帯を用いた。励起温度を 5 K と仮定し、柱密度の上限値を $0.5 \sim 1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ と見積もることができた。

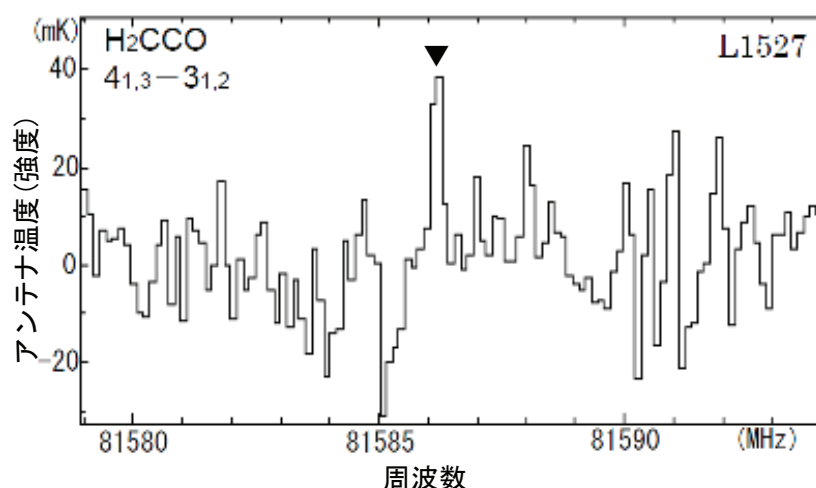


図 1、L1527 における H_2CCO の $J=4_{1,3}-3_{1,2}$ 回転遷移
周波数軸において、天体の移動 (5.8 km/s) によるドップラーシフトは補正済み。

ⁱ 一般に、炭素鎖分子は星形成以前の若い分子雲で豊富に存在し、原始星近傍の暖かく高密度な領域では少なくなると考えられている。しかし、L1527 の原始星近傍の暖かく高密度な領域からは、これまで、 C_4H_2 をはじめとして C_6H 、 C_6H^+ など炭素鎖分子が検出されている。

ⁱⁱ Sakai *et al.*, *Astrophysical Journal*, **672**, 371-381 (2008).

ⁱⁱⁱ (1) Ohishi *et al.*, *Atoms, ions and molecules: New results in spectral line astrophysics*, **16**, 387-391 (1991). (2) Irvine *et al.*, *Astrophysical Journal*, **342**, 871-875 (1989). (3) Matthews and Sears, *Astrophysical Journal*, **300**, 766-772 (1986). (4) Ohishi and Kaifu, *Faraday Discuss.*, **109**, 205 (1998).

^{iv} Araki and Kuze, *Astrophysical Journal*, **680**, L93-L96, (2008).