

小質量星形成領域L483における炭素鎖分子の観測

¹東京理科大学, ²日本大学, ³群馬大学, ⁴上智大学

○小山貴裕¹, 荒木光典¹, 南賢明¹, 高野秀路², 祖母井杏耶¹, 大杉歩¹,
尾崎裕則³, 住吉吉英³, 久世信彦⁴, 築山光一¹,

Observations of carbon-chain molecules in the low-mass star-forming region L483

○Takahiro Oyama¹, Mitsunori Araki¹, Yoshiaki Minami¹, Shuro Takano²,
Aya Ubagai¹, Ayumu Ohsugi¹, Hironori Ozaki³, Yoshihiro Sumiyoshi³,
Nobuhiko Kuze⁴ and Koichi Tsukiyama¹

¹ Department of Chemistry, Tokyo University of science, Japan

² Department of Physics, College of Engineering, Nihon University, Japan

³ Division of Pure and Applied Science, Graduate School of Science and Technology,
Gunma University, Japan

⁴ Department of Materials and Life Science, Sophia University, Japan

【Abstract】 Isotopic ratio is a critical parameter to understand galactic chemical evolution. Especially, carbon isotopic ratios and isotopic fractionation of carbon-chain molecules reflect their formation mechanism. We observed the simplest cyanopolyne HC₃N and its isotopomers in the low-mass star-forming region L483 with Nobeyama 45 m radio telescope. The column density and the rotational temperature of HC₃N were determined to be $1.9 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ and 10.9 K, respectively. The ratios of the column densities for the ¹³C isotopomers were derived to be $[\text{H}^{13}\text{CCCN}]:[\text{HC}^{13}\text{CCN}]:[\text{HCC}^{13}\text{CN}] = 1 : 2.1(3) : 1.2(2)$, where the errors (1σ) are calculated from those of integrated intensities. The rotational temperature was fixed to that of HC₃N. The column density of HC¹³CCN is two times higher than that of H¹³CCCN.

【序】 星間分子の約 4 割は直線炭素鎖分子であり、その生成機構の研究は星間空間における分子の化学進化を解明する上で不可欠である。直線炭素鎖分子は分子雲の初期段階の低温環境下で、主に生成および伸長するとこれまで考えられてきた。しかし近年、星形成領域周辺の比較的暖かい領域で、星間塵の表面から昇華した CH₄ がトリガーとなって直線炭素鎖分子が生成する Warm Carbon-Chain Chemistry (WCCC)過程の存在が明らかになった[1]。小質量星形成領域 L483 は、そのような WCCC が起こっている天体として注目されているが[2]、直線炭素鎖分子の観測は十分に行われているとは言えない。直線炭素鎖分子には複数の ¹³C 同位体種一置換体があり、それらの存在比は直線炭素鎖分子の生成機構に対する知見を与える。我々はこれまでに直線炭素鎖分子の代表例である HC₃N について、¹³C 同位体種の存在比を高精度に測定することで、その生成過程を明らかにしてきた[3]-[5]。そこで本研究では、L483 における直線炭素鎖分子の生成機構解明を目指して、HC₃N およびその ¹³C 同位体種について観測を行った。

【観測】 国立天文台野辺山宇宙電波観測所 45 m ミリ波望遠鏡を用いて、小質量星形成領域 L483 ($18^{\text{h}}17^{\text{m}}29.8^{\text{s}} -04^{\circ}39'38.3''$, epoch = J2000)に対して、2018 年 3 月 29-31 日に 90 GHz 帯で観測を行った。観測には両偏波同時受信の SIS 受信機を使用し、デジ

タル型の電波分光計 (SAM45) を用いた。望遠鏡の空間分解能に相当するビーム幅は 19." 0~20." 3、実質的なデータの積算時間は約 5 時間である。

【結果・考察】 まず、今回観測された HC₃N の $J=10-9$ 遷移と先行研究の Hirota ら [6] の $J=5-4$ 遷移の積分強度から柱密度と回転温度を $1.9 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ および 10.9 K と算出した。次に三つの ¹³C 同位体種、H¹³CCCN、HC¹³CCN および HCC¹³CN の積分強度からそれぞれの柱密度を $(2.9 \pm 0.5) \times 10^{11}$ 、 $(6.1 \pm 0.9) \times 10^{11}$ 、 $(3.6 \pm 0.5) \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ と算出した (Fig.1)。この際、回転温度は HC₃N の値 10.9 K に固定し、柱密度の誤差は積分強度の測定誤差から見積った。現状の限られた S/N において、これらの柱密度の比を取ると [H¹³CCCN] : [HC¹³CCN] : [HCC¹³CN] : [HCCCN] = 1 : 2.1(3) : 1.2(2) : 65.5(9) となり、中心の炭素原子に ¹³C が置換した同位体種の存在量が他の同位体種に比べて約 2 倍高い値となった。Table 1 に、これまでに HC₃N の ¹³C 同位体種の柱密度の比が測定されている天体の例を示す。天体ごとに様々な値を示すが、大きく分けて H¹³CCCN と HC¹³CCN の比がほぼ等しい天体と異なる天体がある。等価炭素型は、HCCH + CN → HCCCN + H のように等価な炭素原子を持つ前駆体から、非等価炭素型は C₂H + HCN → HCCCN + H のような非等価な炭素を持つ前駆体から生成したと考えられ、これは同じ分子でも天体ごとにその生成過程が違うことを意味する。今回の観測から L483 は非等価炭素型と考えられる。

今回、HCC¹³CN のラインに重なって未報告のラインが観測された (Fig.1)。そこで今後、他の周波数領域でより長時間の観測を行い、HC₃N の三つの ¹³C 同位体種についてより精密な同位体比を明らかにする予定である。また、発表当日は同時観測した HC₅N、C₄H および C₆H の結果を合わせて、L483 における直線炭素鎖分子の生成機構について議論する予定である。

Table 1. Column Density Ratios of HC₃N and its ¹³C isotopomers

Objects	H ¹³ CCCN	HC ¹³ CCN	HCC ¹³ CN	HCCCN
Starless dark cloud				
L1521B [7]	0.98(14)	1	1.52(16)	115(16)
L134N [7]	1.5(2)	1	2.1(4)	94(26)
TMC-1 CP [5]	0.95(13)	1	1.4(2)	75(10)
Low-mass star-forming region				
L483	1	2.1(3)	1.2(2)	65.5(9)
L1527 [4]	1	1.01(2)	1.35(3)	86.4(16)
Massive star-forming region				
Sgr B2(M) [3]	1	1.03(4)	0.99(3)	~20

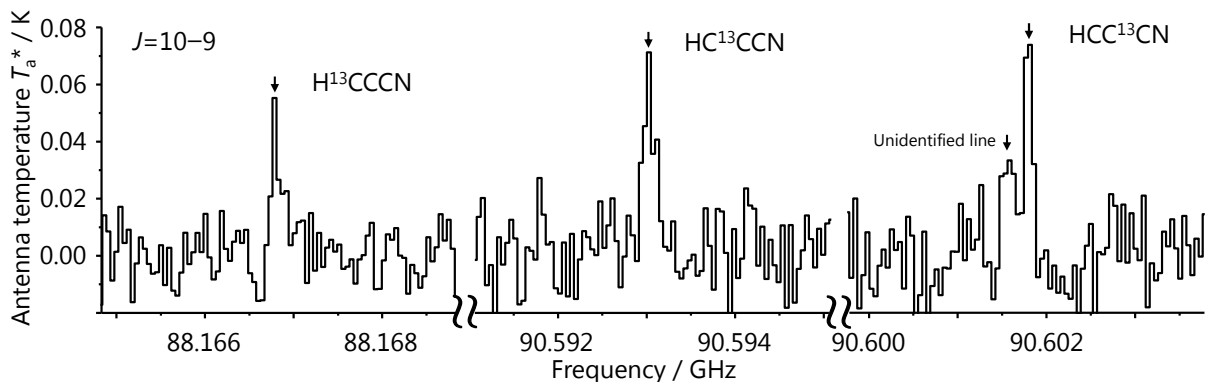


Fig. 1. Observed Lines of the ¹³C isotopomers of HC₃N.

【参考文献】 [1] N. Sakai *et al.*, *Chem. Rev.* **113**, 8981 (2013). [2] T. Hirota *et al.*, *ApJ* **720**, 1370 (2010). [3] 小山, 荒木, 高野, 第 10 回分子科学討論会, 2A17 (2016). [4] M. Araki *et al.*, *ApJ* **833**, 291 (2016). [5] S. Takano *et al.*, *Astron. Astrophys.* **329**, 1156 (1998). [6] T. Hirota *et al.*, *ApJ* **699**, 585 (2009). [7] K. Taniguchi *et al.*, *ApJ* **846**, 46 (2017).