

低質量星形成領域 L1527 における
長鎖炭素鎖分子 CH_3CCCCH , C_6H , $l\text{-C}_6\text{H}_2$, C_7H の検出

(東京理科大学¹, 日本大学², 理研³, 東京大学⁴, 上智大学⁵)

○荒木 光典¹, 高野 秀路², 坂井 南美³, 山本 智⁴, 小山 貴裕¹, 久世 信彦⁵, 築山 光一¹

Detection of long carbon chains CH_3CCCCH , C_6H , $l\text{-C}_6\text{H}_2$ and C_7H
in the low-mass star forming region L1527

(Tokyo Univ. of Science,¹ Nihon Univ.,² RIKEN,³ Univ. of Tokyo,⁴ Sophia Univ.⁵)

○Mitsunori Araki,¹ Shuro Takano,² Nami Sakai,³ Satoshi Yamamoto,⁴ Takahiro Oyama,¹
Nobuhiko Kuze,⁵ Koichi Tsukiyama¹

【序】炭素鎖分子は、黒鉛、ダイヤモンドに次ぐ炭素の第3の形態であるといわれる。そして、これまで晩期星周辺雲と暗黒星雲で多く発見されてきた。近年、暗黒星雲だけでなく星形成領域でも検出されている。その代表例が低質量星形成領域 L1527 である。しかし、長い炭素鎖分子については、L1527 での検出は、晩期星周辺雲 IRC+10216 およびおうし座暗黒星雲 TMC-1 より遅れている。そこで今回、L1527 での長い炭素鎖分子の存在量調査を行なった。本調査は、アメリカ国立電波天文台の GBT 100 m 電波望遠鏡を用いて、42–44 GHz 帯にて行なわれた。2015 年 3

月から 5 月の観測結果は、昨年の本討論会 3P006 で報告した。この時点で、 CH_3CCCCH ($\text{CH}_3\text{C}_4\text{H}$) と $l\text{-C}_6\text{H}_2$ (CCCCCCH_2) の本天体における初の検出ができた。さらに、同年 9 月から 10 月までの、追加観測の採択により、積算を加えた。その結果、 C_7H の検出と C_6H の $^2\Pi_{1/2}$ 成分の検出も行うことができた。また、 $l\text{-C}_6\text{H}_2$ の para 種、 $\text{CH}_3\text{C}_4\text{H}$ について、より精度の高い結果をえることができた。

【結果】 $\text{CH}_3\text{C}_4\text{H}$: $J = 11-10, K = 0, 1, 2$ の回転遷移の追加積算を行った。その結果これら遷移から分子軸回りの回転温度 (K 温度) を求めたところ、 $20 \pm 2 \text{ K}$ となった。このことから、L1527 における衝突温度を $20 \pm 2 \text{ K}$ と求めることができた。同じ温度を分子全体の回転温度においても仮定し、柱密度 (視線方向の存在量) は $5.61(16) \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ と求められた。

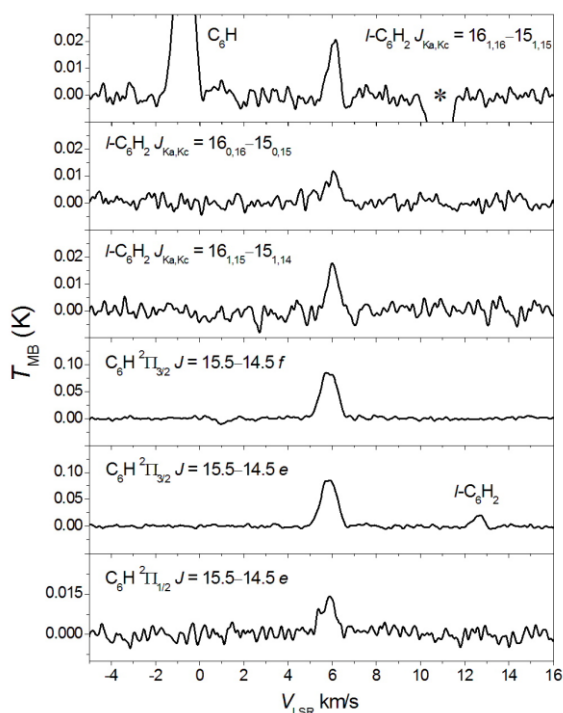


図 1、低質量星形成領域 L1527 における $l\text{-C}_6\text{H}_2$ と C_6H の回転遷移 *周波数スイッチングによる妨害成分。

$l\text{-C}_6\text{H}_2$: $J = 16\text{--}15$ に属する $K_a = 0$ と 1 の回転遷移の追加積算を行った (図 1)。励起温度を 12 K と仮定し 3 本の遷移から柱密度を求めると、ortho 種と para 種でそれぞれ $1.31(4)\times 10^{11}$ と $5.5(3)\times 10^{10}\text{ cm}^{-2}$ となり、ortho-para 比は 2.4 ± 0.2 となった。

C_6H : ${}^2\Pi_{1/2}$ 成分の検出を行うことができた。 ${}^2\Pi_{1/2}$ 成分は ${}^2\Pi_{3/2}$ 成分よりも、 15.04 cm^{-1} 高いエネルギー準位に位置している。 ${}^2\Pi_{1/2}$ 成分はこれまで、晩期星周辺雲でしか観測されてこなかった。今回初めて、星形成領域で検出することができた。柱密度をそれぞれ $1.08(2)\times 10^{12}$ と $1.58(4)\times 10^{11}\text{ cm}^{-2}$ と求めた。

C_7H : この分子はこれまで、晩期星周辺雲でしか観測されてこなかった。今回初めて、星形成領域で検出することができた (図 2)。異なる周波数に現れる 4 本のピークを平均化することで、明確に検出することができた (図 2 下)。柱密度を $6(1)\times 10^{10}\text{ cm}^{-2}$ と求めた。

【考察】TMC-1 と L1527 の炭素鎖分子の柱密度 (存在量) を比較した (図 3)。一般に炭素鎖が長くなると、L1527 での柱密度が少なくなる。 $\text{CH}_3\text{C}_2\text{H}$ と $\text{CH}_3\text{C}_4\text{H}$ の間では、この傾向が表れている。これまで報告されている HC_nN ($n = 5, 7, 9$) と同様であるⁱ。しかし、 C_6H_2 と C_7H の場合、その傾向からずれ、著しく L1527 での存在量が多い。UMIST Databaseⁱⁱ によれば、より小さい分子からの C_7H の成長生成経路には次の 2 つがある^{iii, iv}。

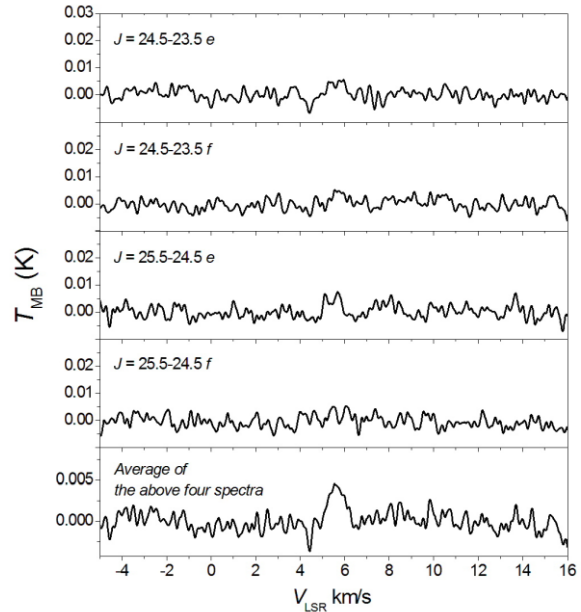


図 2、低質量星形成領域 L1527 における C_7H の回転遷移検出

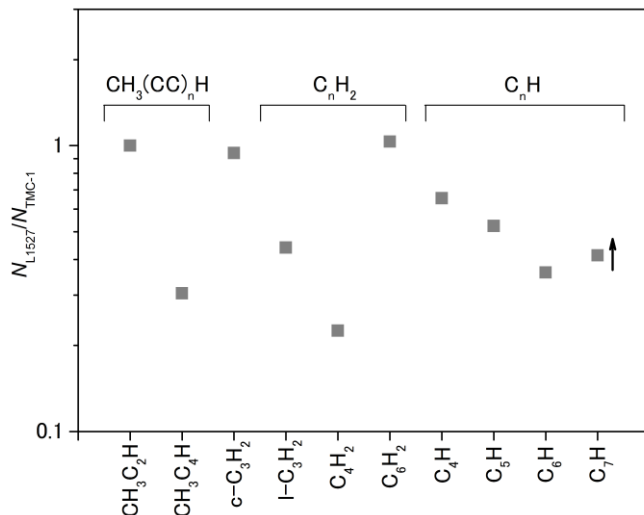
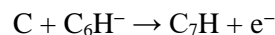
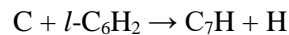


図 3、各炭素鎖分子の暗黒星雲 TMC-1 と低質量星形成領域 L1527 における柱密度比 $N_{\text{L1527}}/N_{\text{TMC-1}}$ 矢印は下限値を示す。



ここで、 C_7H の前駆体として、 $l\text{-C}_6\text{H}_2$ だけでなく C_6H^- でも、L1527 での存在量が多いことが報告されている^v。そこで、これら生成経路と C_7H 、 C_6H_2 、 C_6H^- の存在量の相対的優位性は相互に矛盾しない。

ⁱ Sakai et al. 2008, ApJ, 672, 371

ⁱⁱ McElroy et al. 2013, A&A, 550, A36

ⁱⁱⁱ Walsh et al. 2009, ApJ, 700, 752

^{iv} Smith et al. 2004, MNRAS, 350, 323

^v Sakai et al. 2007, ApJ, 667, L65