

有機分子ライン探査：大質量星形成領域 W49A での HOCO⁺ の検出

¹東京理科大学, ²日本大学, ³上智大学, ⁴国立天文台
 ○南賢明¹, 荒木光典¹, 高野秀路², 小山貴裕¹, 久世信彦³, 亀谷和久⁴, 築山光一¹

Line Survey of Organic Molecules: Detection of HOCO⁺ in Massive Star-Forming Region W49A

○Yoshiaki Minami,¹ Mitsunori Araki,¹ Shuro Takano,² Takahiro Oyama,¹
 Nobuhiko Kuze,³ Kazuhisa Kamegai⁴ and Koichi Tsukiyama¹

¹ *Department of Chemistry, Tokyo University of Science, Japan*

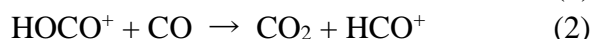
² *Department of Physics, College of Engineering, Nihon University, Japan*

³ *Department of Materials and Life Sciences, Sophia University, Japan*

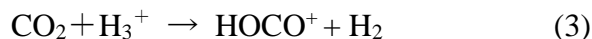
⁴ *National Astronomical Observatory of Japan, Japan*

【Abstract】 Many molecules are produced in interstellar space and on interstellar dust surface. One of the main components of interstellar dust is CO₂, but CO₂ sublimated to gas-phase cannot be observed by radio telescopes because of no dipole moment. HOCO⁺ is expected as a tracer of CO₂, because HOCO⁺ is produced by a protonation of CO₂. In this study, to detect HOCO⁺ we observed the massive star-forming region W49A located at the outer region in our Galaxy with the 45 m telescope of Nobeyama Radio Observatory. As a result, HOCO⁺ was successfully detected for the first time in W49A. The column density of HOCO⁺ was estimated to be $9.4 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ by a rotational diagram analysis. This suggests that HOCO⁺ is ubiquitous in massive star-forming regions of the outer regions in our Galaxy. Thus, HOCO⁺ can be used to study the behavior of CO₂ in this region.

【序】 原始地球上の有機物の起源は星間空間にあるとする説が有力と考えられ、星間空間での分子の生成機構の解明が待たれている。星間空間における分子の生成は、気相中か星間塵表面で行われるが、我々は星間塵に注目した。星間塵の主成分の1つはCO₂であるが、永久双極子モーメントを持たないため、回転遷移が観測できない。そこでCO₂のトレーサーが必要である。HOCO⁺からのCO₂の主な生成反応には次の2つがある¹。



また、CO₂からの生成物の1つもHOCO⁺である。



これらの反応からHOCO⁺がCO₂のトレーサーになると予想される。CO₂は星間塵の主成分の1つであるため、その予想が適当ならHOCO⁺はどの天体にも存在していなければならない。そこで、HOCO⁺の普遍性を調査する必要がある。

これまでHOCO⁺は銀河中心の天体 (Sgr B2 など) で多く観測されてきた^{2,3}。さらに最近、銀河外周部にある大質量星形成領域 W51⁴や太陽系近傍にある小質量星形成領域¹でも観測された。そこで我々は、同じく銀河外周部に位置し同程度の大きさを持つW49AでHOCO⁺を検出することにより、HOCO⁺の普遍性を示せると考えた。もし普遍性があれば、HOCO⁺はCO₂のトレーサーになりうる。そこでW49AにおいてHOCO⁺の観測を行った。

【観測】 国立天文台野辺山宇宙電波観測所の 45 m ミリ波望遠鏡を用いて、W51 (19^h21^m26.2^s, -14°24'43.0") と W49A (19^h10^m20.3^s, -9°6'12.0") に対して 2017 年 1 月 5~13 日に 3~4 mm 帯 (73.5~88.9 GHz、ビームサイズ 18.2") で観測を行った。受信機には両偏波両サイドバンド同時受信の受信機 (TZ) を、分光計にはデジタル型の電波分光計 (SAM45) を用いた。W49A で約 2 時間、W51 で約 0.5 時間の積算 (天体を向いている正味の時間) を行った。ノイズレベルは W51 で 18.4 mK、W49A で 6.2 mK が達成された。天候による望遠鏡のデータの質への影響を監視するために W51 での観測も行い、その強度を確かめながら W49A の観測を行った。

【結果・考察】 両天体で HOCO⁺ の $J_{Ka,Kc} = 4_{0,4} - 3_{0,3}$ の回転遷移を検出した。Fig.1 に得られたスペクトルとそのガウス関数フィッティングの結果を示す。

これまでに HOCO⁺ が検出されている W51⁷ においてこの分子の再検出ができた。このスペクトルから、回転ダイアグラム法³を用いて柱密度を $1.3 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ と算出した。この値はこれまでの結果⁷ と同じになり、以前の観測と矛盾しないことを確認できた (Table 1)。

W49A でも同じ周波数でスペクトル線を検出できたことから、W49A での HOCO⁺ の初検出に成功した。柱密度計算の際、HOCO⁺ のスペクトル線が 1 本であるため、回転温度をこれまでの W51 での報告値⁷ (44 K) に固定して計算を行った。結果として W49A で $9.4 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ と算出した (Table 1)。

HOCO⁺ は W49A でも W51 で同程度の柱密度であったため、銀河中心だけでなく銀河外周部の天体でも普遍的に HOCO⁺ が存在することがわかった。このことから、銀河外周部大質量星形成領域において、HOCO⁺ が CO₂ のトレーサーになることを示す 2 例目の検出に成功した。これらの結果は星間塵の組成の研究にも役立つものである。

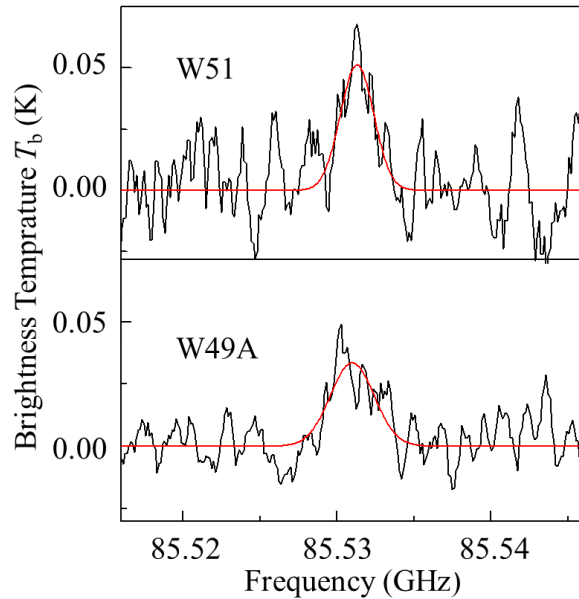


Fig.1 The $J_{Ka,Kc} = 4_{0,4} - 3_{0,3}$ rotational transition of HOCO⁺

Table 1 Column Density of HOCO⁺

Object	Reference	Rotational temperature (K)	Column density (cm ⁻²)
SgrB2(N)	Nummerin <i>et al.</i> ⁶	86	8.9×10^{13}
SgrB2(M)	Nummerin <i>et al.</i> ⁶	50	3.3×10^{13}
W51	Kalenskii <i>et al.</i> ⁷	44	1.2×10^{13}
W51	This work	44 (fix)	1.3×10^{13}
W49A	This work	44 (fix)	9.4×10^{12}

【参考文献】

- [1] C. Vastel *et al.*, *A&A*, **591**, L2 (2016).
- [2] A. Nummelin *et al.*, *ApJS*, **128**, 213 (2000).
- [3] Y. C. Nummelin *et al.*, *ApJ*, **334**, 175 (1988).
- [4] S. V. Kalenskii *et al.*, *ARep*, **54**, 12, 1084 (2010).
- [5] B. E. Turner *et al.*, *ApJS*, **76**, 617 (1991).
- [6] A. Nummerin *et al.*, *AJSS*, **128**, 213 (2000).
- [7] S. V. Kalenskii *et al.*, *ARep*, **54**, 12, 1084 (2010).