

Herschel 宇宙望遠鏡による H_2F^+ の観測

(岡山大^a, 名古屋大^b, 富山大^c, Waterloo大^d) 〇川口建太郎^a・今井美那^a・藤森隆彰^b・松島房和^c・天竺堯義^d

Observation of interstellar H_2F^+ with the Herschel space telescope

(Okayama Univ.^a, Nagoya Univ.^b, Univ. of Toyama^c, Univ. of Waterloo^d) Kentarou Kawaguchi^a, Mina Imai^a, Ryuji Fujimori^b, Fusakazu Matsushima^c, and Takayoshi Amano^d

Pure rotational transitions $1_{10}-1_{01}$ and $2_{12}-1_{01}$ of H_2F^+ were searched with the Herschel/HIFI instrument toward W31C, NGC 6334I, GC IRS 21, and 2Mass J1747. Strong absorption lines were not detected in expected frequency regions. A weak absorption line was detected at 760.929 GHz ($1_{10}-1_{01}$) toward NGC 6334I, but in the 1850.082 GHz ($2_{12}-1_{01}$) region no lines were detected. The abundance of H_2F^+ was estimated to be $3.0 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$, $< 2.9 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$, in NGC 6334I and W31C, respectively. The small abundance compared with H_2Cl^+ is explained by difference in production mechanism.

【序】

2009年、Herschel宇宙望遠鏡が打ち上げられ軽い分子の回転遷移の観測が可能となり、 H_2O^+ 、 H_2Cl^+ 等が初めて検出された。 H_2F^+ は H_2Cl^+ と等原子価でFの宇宙存在度はClの半分であるので H_2Cl^+ の生成反応と同じ反応で H_2F^+ が生成しているとすれば、検出の可能性が大きいと思われるが、これまで報告されていない。本研究では4つの天体での観測を初めて行った。その場合どのような星間雲での探査を行うかが問題であった。HFのプロトン親和力は水素よりは大きいですがCO、 N_2 、HClなどより小さい。そこで比較的低密度でHF、 H_2Cl^+ 、 H_3^+ が検出されている雲を観測した。観測周波数は最近のサブミリ波・TuFIR実験室分光により精密に決定されている[1, 2]。

【観測】

2013年2月、3月にW31C、NGC 6334I、GC IRS 21、2Mass J1747方向で H_2F^+ $J_{KaKc} - J_{KaKc} = 1_{10}-1_{01}$ (760.929 GHz)、 $2_{12}-1_{01}$ (1850.082 GHz)遷移の観測が10~40分間行われた。これらの遷移はオルソ種の中では最も低い回転準位からの遷移である。また、パラ種の $1_{11} - 0_{00}$ 遷移は装置の都合上観測できなかった。比較のため、1232 GHzにおけるHFの $J=1-0$ 遷移の観測も行った。

【結果と考察】

図1にNGC 6334IにおけるHFの吸収スペクトルを示す。GC IRS 21と2Mass J1747は H_3^+ が豊富に存在している雲だが、 H_2F^+ のスペクトル線は検出されなかった。W31CとNGC 6334Iでは H_2Cl^+ のスペクトル線は吸収として観測されているので、 H_2F^+ も同様に吸収として観測されると期待される。図2は760 GHz付近の観測スペクトルで、期待される周波数に弱い吸収線があるようにも見えるが、ベースラインの歪みと明確には区別できない。1850 GHz付近は測定条件が悪く、ノイズが760 GHz帯

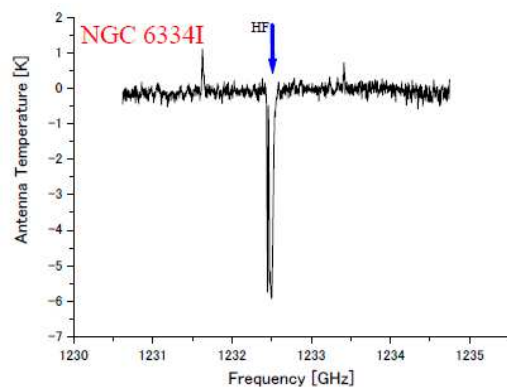
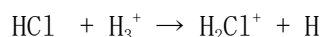
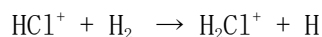
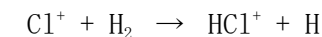


図1 .HF J=1-0 の吸収スペクトル (Herschel/HIFI)

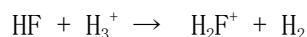
の10~18倍あった。それゆえ760 GHzのスペクトル線がH₂F⁺であったとしても2₁₂-1₀₁の強度はノイズレベル以下になってしまい、H₂F⁺の検出を確定することはできなかった。仮に760 GHz帯のスペクトルがH₂F⁺とすると、それぞれの天体におけるH₂F⁺の柱密度は表1に示すように求められた。W31Cでの値は上限値である。他の観測からのH₂Cl⁺の存在量と比較するとH₂F⁺の存在量

比はそれぞれ<1/248 と1/57 であった。

FとClの宇宙存在度比1/2を考えると、H₂F⁺とH₂Cl⁺の存在量の違いは生成反応が異なっているためと考えられる。H₂Cl⁺の生成反応は



の2通り考えられる。ClとHClのイオン化エネルギーは13.0 eV, 12.7 eVと水素のもの(13.6 eV)より小さいため星間空間でイオンとして存在できる。一方、FとHFのイオン化エネルギーは13.6 eVより大きいためこれらのイオンは存在しない。よって反応



のみがH₂F⁺の生成に寄与する。

また、イオンの消滅反応(低密度の雲では電子との再結合反応が主)も考慮しなければならないが、H₂F⁺とH₂Cl⁺の再結合反応速度定数に大きな違いはないことを実験的に確認している[3]。この度の結果よりH₂Cl⁺の大部分はHCl⁺を経由するルートで生成していると言え、対応する反応がないH₂F⁺の存在量が少ないのはH₃⁺を経る反応の寄与が少ないことを意味している。

表1 W31CとNGC 6334Iでの存在量 (cm⁻²)

	W31C	NGC 6334I
H ₂ F ⁺	<2.9 × 10 ¹¹	3.0 × 10 ¹¹
H ₂ Cl ⁺	7.2 × 10 ¹³	1.7 × 10 ¹³
HF	1.6 × 10 ¹⁴	(0.4-2.4) × 10 ¹³
H ₂	1.2 × 10 ²²	(0.6-1.8) × 10 ²¹

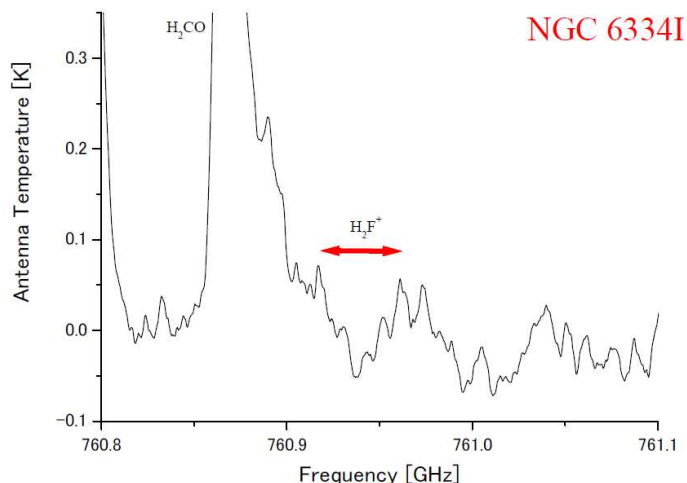


図2 H₂F⁺ 1₁₀-1₀₁のスペクトル

- [1] R. Fujimori, K. Kawaguchi, and T. Amano, *Astrophys. J. Letters* 729, L2 (2011)
- [2] T. Amano, F. Matsushima, T. Shiraishi, C. Schinozuka, R. Fujimori, and K. Kawaguchi, *J. Chem. Phys.* 137, 134308 (2012)
- [3] 永廣, 藤森, 宮本, 唐, 川口, 第7回分子科学討論会(京都) 2012