

(東工大院理工<sup>1</sup>, CREST<sup>2</sup>) 戸田 直也<sup>1</sup>, 溝口 麻雄<sup>1,2</sup>, 金森 英人<sup>1,2</sup>

【緒言】固体パラ水素結晶(hcp 構造)はその格子間隔が大きいことから、水素分子間に働く相互作用が小さく、エネルギー状態密度も疎らである。さらに、零点振動が大きいことにより媒質としての不均一さが小さいことが知られている。そのため、固体パラ水素結晶および、異種分子がドーブされた固体パラ水素結晶について、多くの研究がなされている。分光学的研究としては、高分解能分光が可能な試料として、主に赤外領域における振動回転遷移に関して数多くの報告がなされている<sup>[1]</sup>。その観測されたスペクトルの線幅の細さは、励起されたエネルギー状態が安定であることを示唆している。この結果とドーブされた分子の持つ多くの量子状態を活用することで、量子情報処理デバイスへの応用が期待できる。

現在、線幅の決定は、Fourier 変換赤外分光器(分解能  $0.001 \text{ cm}^{-1}$ )や差周波レーザー(分解能  $0.003 \text{ cm}^{-1}$ )の分解能で制限されており、さらに細かい線幅の吸収線も確認されている。

本研究では、半導体レーザーやマイクロ波といった、より高分解能の光源を用いて固体パラ水素中に捕捉した分子の分光測定を行い、吸収線幅の起源を探ることを目的とした。

【実験】図 1 に実験装置の概要を示す。クライオスタット中の 1 K pot 内に溜められた液体ヘリウムをロータリーポンプで減圧することでフッ化バリウム基板を約 2 K にまで冷却した。冷却した基板にパラ水素気体とパラ水素で希釈した試料気体を吹き付けることにより、試料分子が捕捉されたパラ水素結晶を基板上に作成した。結晶成長の様子は Fourier 変換赤外分光器を用いて確認した。

本研究では試料分子として固体パラ水素中でのスペクトルの帰属がされている一酸化炭素を選んだ。二箇所ある吹き付け口のうち、一方からパラ水素気体のみを流

速 70 CCM で流し、他方から次の(a)~(d)の条件で一酸化炭素を流した。

(a)一酸化炭素濃度 約 0.016 %、流速 10 CCM、吹き付け時間 26 分

(b)一酸化炭素濃度 約 0.008 %、流速 10 CCM、吹き付け時間 22 分

(c)一酸化炭素濃度 約 1 %、流速 0.3 CCM、吹き付け時間 10 分

(d)一酸化炭素濃度 約 0.02 %、流速 3 CCM、吹き付け時間 18 分

いずれの試料も吹き付けを完了した後、基板を 1 時間、4.6 K に昇温し、アニーリングした。

スペクトルの線幅測定は、液体窒素で冷却された中赤外半導体レーザー(Laser Components 社製 IR-2140, 分解能  $< 20 \text{ MHz}$ )を用いて行った。発振周波数の確認には Fourier 変換赤外分光器およびエタロンを用いた。このレーザー素子の発振帯は  $2137.6 \pm 0.6 \text{ cm}^{-1}$  および  $2143.5 \pm 1.0 \text{ cm}^{-1}$  である。

【結果】固体パラ水素中に捕捉された一酸化炭素の振動回転遷移を図 2 に示す。観測したスペクトルは、百瀬らによって単量体の P(1)、R(0)、R(1)および、CO クラスタとして帰属されている<sup>[2]</sup>。各遷移の周りの小さな吸収線は、結晶場による分裂として帰属された。本実験に用いている半導体レーザーの発振範囲の制限により、P(1)および R(0)領域のみで観測した結果を図 3 に示す。吸収線の半値全幅は P(1)では試料(a)で 1.4 GHz、試料(b)で 1.8 GHz、

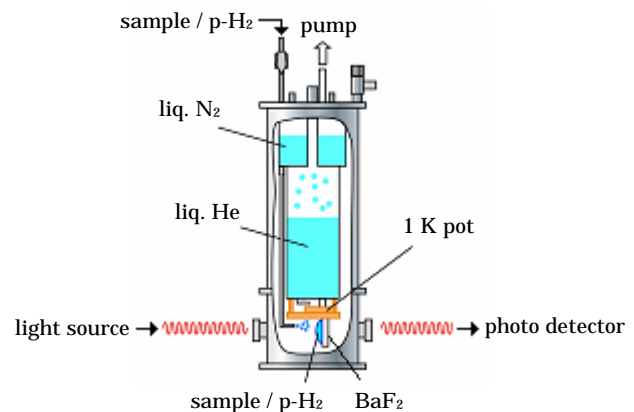


図 1 実験装置の概要

試料(c)で 3.2 GHz、試料(d)で 1.4 GHz となっている。一方、2142.96  $\text{cm}^{-1}$  の R (0)については試料(a)で 2.8 GHz、試料(b)で 3.0 GHz、試料(c)で 4.8 GHz、試料(d)で 1.9 GHz となっている。このことから、結晶作成条件の違いにより吸収の線幅が異なることが判る。P(1)遷移と R(0)遷移の線幅を比較すると、生成条件の違いにかかわらず、いずれの試料でも P(1)の方が細いという結果を得た。これらのことから、スペクトルの線幅は結晶の状態に大きく依存し、同一の試料でも励起状態における回転状態の違いから線幅の違いが生じることを推測させる。

今後、より細い線幅を得るための結晶作成条件の最適化を行うとともに、30 MHz の線幅が観測されているクラスター領域の振動遷移や、マイクロ波分光法を用いた基底状態の回転遷移の観測を行い、線幅についての詳細な情報を得ることを考えている。

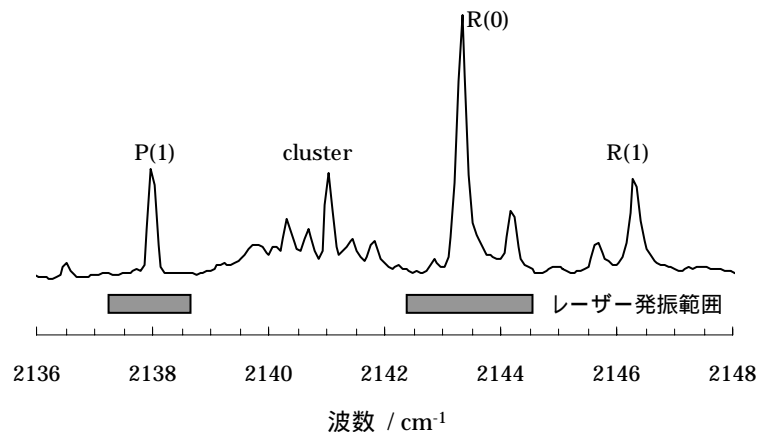


図 2 固体水素中に捕捉された一酸化炭素の振動回転遷移  
分解能  $0.1 \text{ cm}^{-1}$

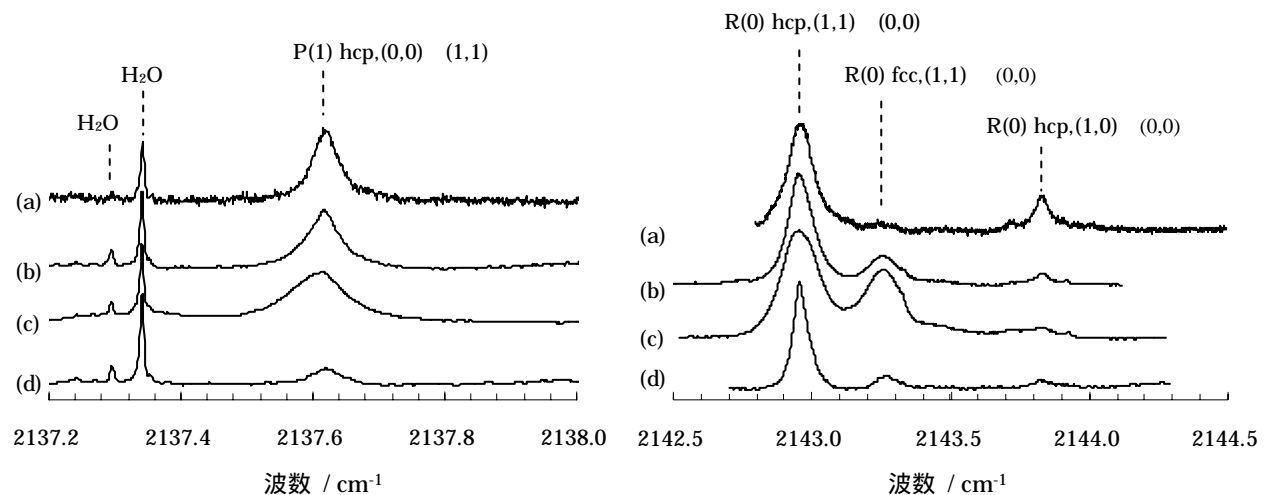


図 3 半導体レーザー分光による振動遷移  
括弧内の量子数は一酸化炭素のエネルギー準位 ( $J, M$ )

[1] 百瀬 孝昌, 分光研究, 45, 125 (1996)

[2] private communication