

テラヘルツ帯超伝導受信機の分子分光学への応用（3）

（東邦大 理¹、富山大 理²、産総研³）○尾関博之¹、石渡久昭¹、小林かおり²、
菊池健一³、山田陸宏³、前澤正明³、神代暁³

【はじめに】

我々はこれまでに、サブミリ波からテラヘルツ帯における分子輝線を直接観測する受動分光システムについて紹介し、その分子分光への応用の可能性について検討を進めてきた。この手法の特徴は（1）従来から用いられてきている能動的な分光法（いわゆる吸収分光法）と同程度の周波数分解能を維持したまま、広帯域のスペクトルの取得が可能、そして（2）スペクトル強度を輝度温度で表すことができるため、スペクトル線の強度に関し定量的に議論することが可能、という二点に集約される。このような特徴を生かし、我々はこれまでに塩化水素やアセトニトリルについて、高い圧力条件下のスペクトル形状解析から、圧力幅係数を精度良く求めることができることを報告した。¹

今回我々はこの受動分光システムを用いてギ酸メチルのテラヘルツ帯発光スペクトルの観測を行った。ギ酸メチルは銀河中心の巨大分子雲で最初に発見されて以来、主に大質量星形成領域で検出されてきている。星間塵のかかわるこの分子の生成機構についての考察をもとに、ギ酸メチルが星形成活動の極めて初期段階を追跡するのに適した分子になりうるということが指摘されている。² 星間空間ではこれまでに500本以上のギ酸メチル由来のスペクトル輝線が帰属されているが、これ以外にも未帰属の輝線が相当数含まれているものと推定されている。ギ酸メチルには、図1に示すように3回対称のポテンシャルを持つメチル基のねじれ振動をはじめとする様々な低振動励起状態があり、実験室レベルでのスペクトルの帰属が非常に困難であることに起因している。これらの状態のエネルギー準位に関する情報は理論計算などによりある程度は明らかになってはいるが、それらを基にしたスペクトル線の帰属はあまり進んでおらず、ねじれ第二振動励起状態までしか報告されていない。このことは結局、星間空間で検出されたギ酸メチルのスペクトル線強度を基にこの分子の存在量を求める上で大きな障害となっており、現在のところ各振動状態における分子数について言及しているのみである。そこで本研究においては受動分光法を用いたギ酸メチルスペクトルの絶対強度測定を行い、それを基に未帰属の振動励起状態に分布する実効的な分子数を見積もることを目指した。

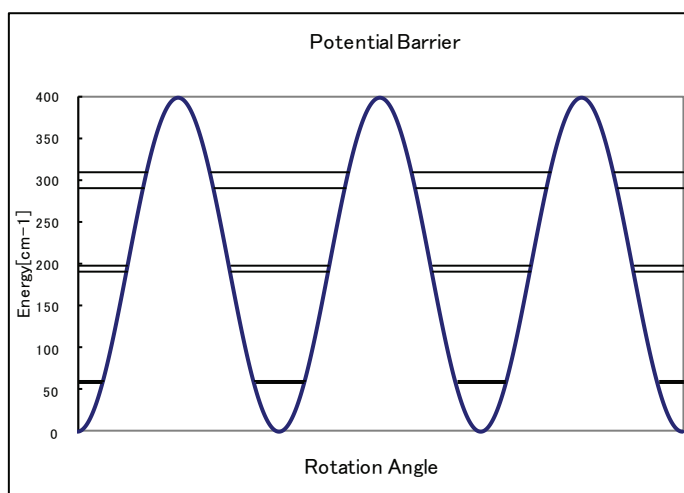


図1 ギ酸メチルのねじれ振動ポテンシャル
とねじれ振動準位 ($v_t = 0, 1, 2$)

【実験】

液体窒素温度に冷却した電波吸収体で片側を終端した光路長 20cm のガスセルに、100 %濃度のギ酸メチルを 0.1 - 0.5 hPa の範囲で封入し、そこから放射されるテラヘルツ帯発光スペクトルを測定した。テラヘルツ帯発光を受信する SIS 素子はクライオスタット内に格納され 4.2 K まで冷却されている。分子からの発光は局部発振器出力と共に SIS 素子に導入して 0.2 – 0.8 GHz の中間周波数信号に変換したのち、1 GHz 帯域の FFT アナライザーにより約 16000 チャンネルの分光データとして得た。局部発振器は 0.380 – 0.490 THz の範囲で可変であり、コンピューターにより連続掃引が可能である。スペクトルの強度較正はガスセル内にギ酸メチルを封入しないで液体窒素温度で片側終端した場合のスペクトルと、常温で終端した場合のスペクトルを別途測定することにより行った。システム雑音温度はおよそ 200 K 程度であった。

【結果と考察】

図 2 に圧力 0.375 hPa での振動基底状態 ($N = 36 - 35$) のギ酸メチルからの発光スペクトルを示す。輝線の中心周波数は 0.386332 THz である。スペクトル形状として Lorentz 関数を仮定しこの

スペクトルの面積強度を求めたところ、

JPL カタログをもとに見積もられる

強度のおよそ 35 %程度であることが

分かった。JPL カタログでは第一振

動励起状態までを考慮した分配関数

を見積った上でスペクトル強度を求

めており、そのことが値の不一致をも

たらしたものと推定される。これは逆

に言えば、この測定を行った 295 K の

条件では全体の 65 %のギ酸メチルが

振動基底状態以外に分布しているこ

を意味している。この情報はスペク

トル線の帰属が不完全な、ねじれ第二

振動励起状態をはじめとする様々な低振

動励起状態のエネルギーレベルを推定するうえで役に立つと考えられる。現在温度を変化させた

場合のスペクトル絶対強度測定を進めており、これらの結果を総合することにより星間空間にお

けるギ酸メチルの存在量を知ることができるようにになると考えられる。

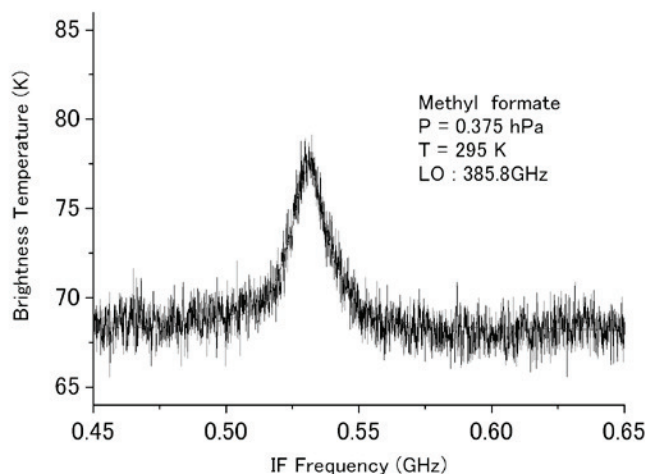


図 2 ギ酸メチルのテラヘルツ帯発光スペクトル

【謝辞】

本研究の一部は、独立行政法人情報通信研究機構の委託研究「ICT による安全・安心を実現するためのテラヘルツ波技術の研究開発」として行われた。

¹ 菊池他 第一回分子科学討論会（仙台） 1P107、第二回分子科学討論会（福岡） 2P087

H. Ozeki *et al.*, Proc. of the Annual Meeting of the Spectroscopic Society of Japan, pp.55 (2007)

2 N. Sakai, T. Sakai, and S. Yamamoto, PASJ **58**, L15 (2006).