

受動分光法によるアセトニトリルの サブミリ波発光スペクトル

(東邦大・理¹・宇宙航空研究開発機構²)
大塚美穂¹, 坂本忠大¹, 尾関博之^{1,2}, 菊池健一²,

【はじめに】

電波領域の電磁波はそのエネルギーが小さいため、「発光」を測定する受動分光法はこれまであまり省みられてこなかったが、受信機システムの特徴を生かすことにより目的次第によっては有効な方法になると思われる。我々はこれまで宇宙・大気観測用に開発されたサブミリ波受信機システムを用いて、サブミリ波帯における受動的分光法の開発を進めてきた。本手法の特徴は以下の二点に集約できる。(1) 周波数精度を従来の吸収分光法並みに維持したまま、広領域(1GHz から 4GHz)のスペクトルを俯瞰できる、(2) 縦軸を輝度温度で表すことが可能であるため、発光線の強度を定量的に議論することが可能である。これにより、従来は測定が難しかった線幅の広がったスペクトルの精密観測などが可能となり、その形状解析から求められる分子パラメータは、衛星観測データ利用をはじめとする様々な方面で有効に活用できる。

今回我々はアセトニトリルについて、受動分光法を適用しサブミリ波発光スペクトルを測定した。アセトニトリルはモデル計算との比較などから主たる起源はバイオマス燃焼であり、下部成層圏における寿命は20年程度と見積もられている。主な消失経路はヒドロキシラジカルとの反応と想定されているが、成層圏オゾン化学との関わりの詳細については未解明な部分も多い。アセトニトリルの衛星観測はUARS/MLS(1991年打ち上げ)、AURA/MLS(2004年打ち上げ)、などで行われており、JEM/SMILES(国際宇宙ステーション搭載 超伝導サブミリ波リム放射サウンダー-2008年打ち上げ予定)でも観測予定の分子である。本研究ではアセトニトリルのサブミリ波帯における圧力幅、圧力シフトの精密測定とともに、アセトニトリル/ヘリウム混合気体の放電プラズマからの発光スペクトル測定も行った。

【実験】

スペクトル測定は、宇宙航空研究開発機構に設置されている、JEM/SMILES 用受信機エンジニアリングモデルを利用して行った。ガスセル中の分子から放射されたサブミリ波は、600GHz 帯の局部発振器からの出力と共に、超伝導ミキサーにより第一中間周波数(12GHz 帯)に変換される。これはさらに第二局部発振器(14.55GHz)で第二中間周波数へと変換され、音響光学型電波分光計(帯域1.2GHz)でスペクトルイメージとなる。ガスセルの末端は液体窒素温度に冷却された電波吸収体で終端されており、ガスセル中に観測対象ガスが含まれていない場合はブランクスペクトル(物理温度77Kの黒体放射スペクトル)を与える。受信したスペクトルの強度較正を行うために、これ以外にガスセル終端を常温の電波吸収体で終端したスペクトルを別途測定する。こうして得られた三種類のスペクトルから、ガスセル中の気体からのサブミリ波放射強度を輝度温度で表すことができる。アセトニトリルの圧力幅測定は、希釈ガスとして酸素および窒素の二種類について全圧を0.5-20hPa程度の範囲で

変化させて行った。放電プラズマからの発光スペクトルはアセトニトリルをヘリウムで 10% に希釈したガスを用いた。

【結果と考察】

窒素で 1% に希釈したアセトニトリルガスを全圧 0.41hPa から 19.86hPa まで変化させた場合の 624GHz 帯での発光スペクトルを図 1 に示す。低圧での測定では $K=0$ から 7 までの準位が明確に判別できるが、圧力の上昇とともに線幅が広がり 20hPa ではほとんど区別がつかなくなっている。スペクトル形状に関して Voigt プロファイルを仮定し、そのうちのローレンツ関数部分について線幅および中心周波数を表すパラメータを求めたところ、アセトニトリルの圧力幅係数として例えば $K=6$ について、 8.20 ± 0.06 MHz/hPa (窒素の場合) および 6.12 ± 0.04 MHz/hPa (酸素の場合) と求められた。圧力シフト係数についても同様に、 -68 ± 17.7 kHz/hPa (窒素の場合) および -5 ± 16 kHz/hPa (酸素の場合) と求められた。圧力シフト係数の誤差が大きいが、これを小さくするためにはより圧力の高い領域の測定が必要である。

図 2 にアセトニトリル/ヘリウム放電

プラズマからのサブミリ波発光スペクトルを示す。この測定では両側波帯 (DSB) 受信を行っており、図の横軸は LSB 側の周波数を示している。これによれば、アセトニトリルの放電によりシアン化水素およびその振動励起状態が明瞭に観測されている。強度比から見積もった振動温度はおおよそ 410K となった。下向きに見えているスペクトル線はアセトニトリルの振動励起状態を USB 側で観測したものである。放電条件を同一にして、HNC および CH_3NC の観測を試みたが、今のところは検出には至っていない。

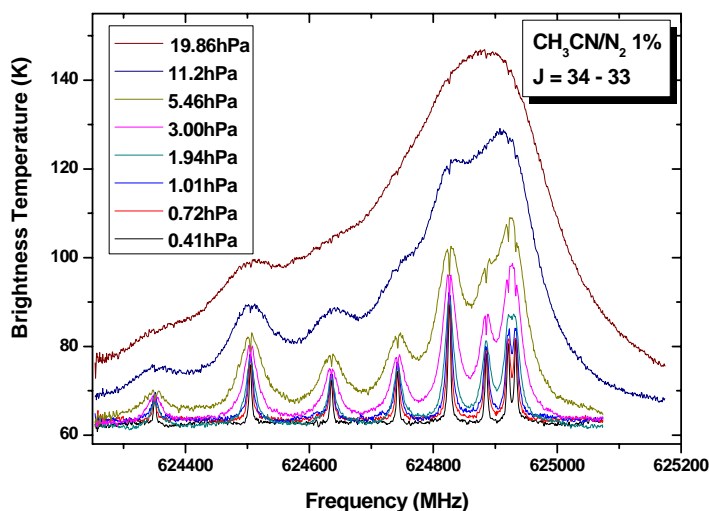


図 1 窒素で希釈したアセトニトリルのサブミリ波発光スペクトル

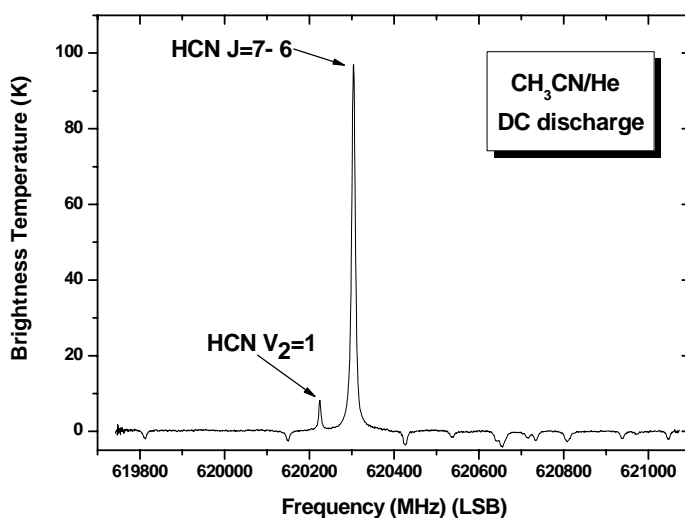


図 2 アセトニトリル/ヘリウム混合気体の放電ガスからの発光スペクトル