

電子衝突による NO 分子の励起微分断面積の測定

電子物性工学科 山田研究室 名執和仁

1 序論

NO は大気汚染物質のなかで主要なものの 1 つであり、オゾン層破壊や酸性雨における主要な原因となっている。しかし、NO の基礎データは少なく、各励起状態への電子微分断面積の実測例もあまりない。分子の性質などを調べるには、電子状態を変化させる $1\text{eV} \sim 100\text{eV}$ のエネルギー領域で連続的にエネルギーを掃引する方法をとります。このような方法には光吸収分光など光を用いた方法や、電子エネルギー損失スペクトル法などがあります。光を用いた方法は高分解能だが光学的許容遷移での観測となり、電子エネルギー損失スペクトル法はそれほど分解能は高くないが光学的禁制遷移での観測も可能である。今回の実験では電子エネルギー損失スペクトル法を用いた。電子エネルギー損失スペクトルから得られる情報で衝突断面積がある。分子の反応を知るうえで、断面積や振動子強度を知ることは反応の起こりやすさを知る目安となる。本研究の目的は、電子エネルギー損失スペクトル法で得られる各励起エネルギーごとの衝突微分断面積の相対的な比を使い、規格化により微分断面積の絶対値や一般化振動強度を決定することにあります。

2 実験

本研究は擬似半球型の電子エネルギー損失分光器を用いて電子エネルギー損失スペクトルを測定しました。衝突エネルギーは 500eV で散乱角は 2.2° から 6.2° の範囲で 5 点でおこないました。

今回とれた電子エネルギー損失スペクトルにおいて、数多く出ているピークのうちのこれらの電子励起状態への励起の振動準位ごとの断面積や振動子強度の解析を行いました。

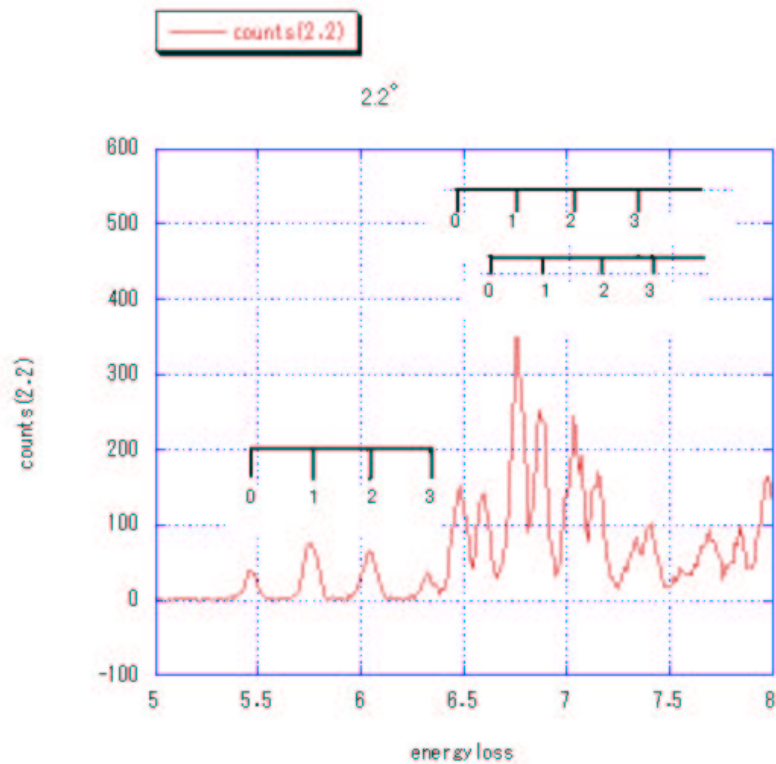


図 1: 電子エネルギー損失スペクトル

3 解析

今回測定した相対的な値から絶対値をだすには、この励起に関する断面積や振動子強度の絶対値がわかれば、他の絶対値を知ることができます。そこで既知の弾性散乱の断面積と光学的振動子強度をもとに先ほど述べた励起状態の絶対微分断面積を求めることを行いました。

相対的の微分断面積の規格化の方法

1. 角度補正を行うため、角度補正因子 R を He を使い求めた。
2. 弾性散乱における相対微分断面積を決定するために角度補正因子と相対分布より

$$\sigma_{el} = RD_{el} \cdot r(\theta) \quad (1)$$

3. 非弾性散乱における相対微分断面積は強度の相対比と弾性散乱の微分断面積より求められます。

$$\sigma_{inel} = \frac{I_{inel}(\theta)}{I_{el}(\theta)} \sigma_{el} \quad (2)$$

光学的振動子強度による規格化の方法 この方法は Lassette らによって確立されました。まず、実験的に求められる、一般化振動子強度と呼ばれる無次元の量を導入します。これは原子単位を用いると

$$f(K) = \frac{W}{2} \frac{k_i}{k_f} K^2 \sigma(\theta) \quad (3)$$

と定義される。ここで W は励起エネルギー、 $\sigma(\theta)$ は微分断面積 k_i, k_f はそれぞれ入射電子、散乱電子の運動量、 K は運動量移行です。 K は散乱角度依存の値で

$$K^2 = k_i^2 + k_f^2 - 2k_i k_f \cos(\theta) \quad (4)$$

で表されます。電子-分子の衝突においてボルンの第一近似は衝突エネルギー数百 eV で散乱角が極端に大きくない場合良い近似となります。ここで $F(K)$ は K だけの関数となり衝突エネルギーに依存しないので、実験で求めた一般化振動子強度も衝突エネルギーに依存しなければボルンの近似が成り立つということが出来ます。また $K^2 \rightarrow 0$ の極限で光学的振動子強度とは一致します。これはボルンの近似が成り立たない場合でも成り立します。これを使い $F(K)$ を $K^2 = 0$ で光学的振動子強度になるように規格化する。これで、 $F(K)$ に絶対値がはいり、微分断面積も絶対値として決まります。

解析結果としてこれらのグラフが得られました。今回最初に解析した電子状態では、思っていたような解析ができず、他の電子状態ではうまくいきました。

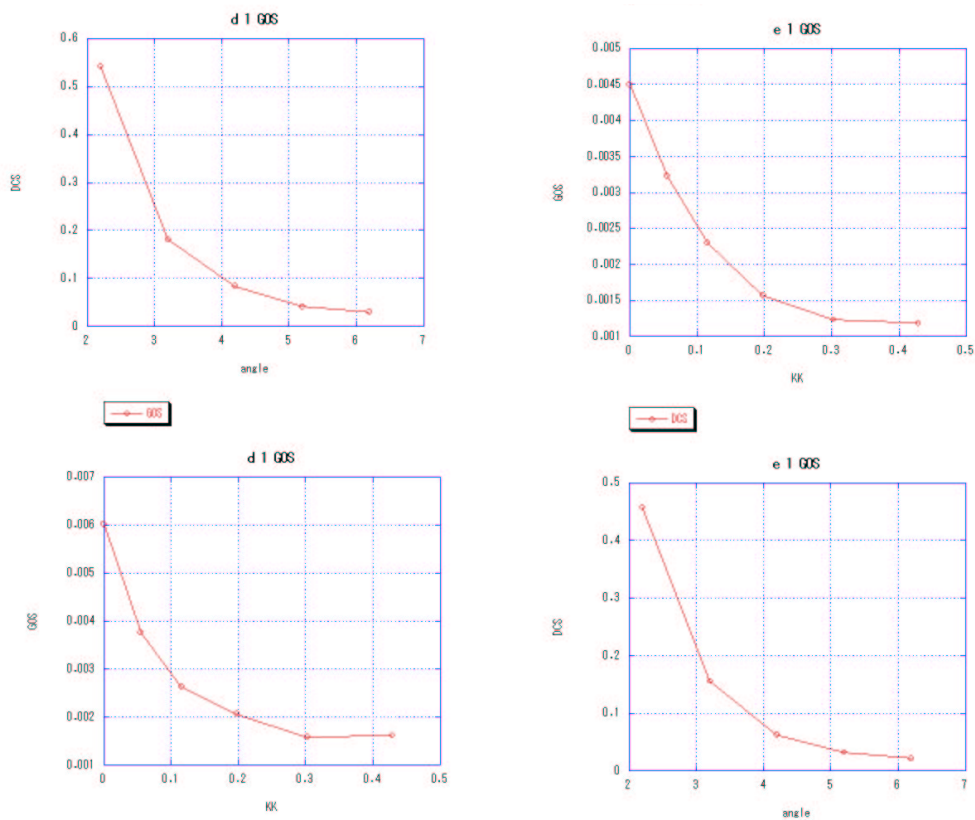


図 2: 励起微分断面積と一般化振動子強度

4 今後の課題

もう少し 10° くらいまで測定点を増やすことと規格化できた一般化振動子強度を違う衝突エネルギーと比較することでエネルギーの依存の有無を確認しボルの第一近似が 500eV でも成立するかを確かめたいとおもいます。