

22 レーザ・レーダによるNO₂とSO₂の遠隔測定

Remote Measurement of NO₂ and SO₂ by Laser Radar

伊東 尚, 伊東 克能

Sho Ito, Katsuyoshi Ito

三菱電機株式会社, 鎌倉製作所

Mitsubishi Electric Corporation, Kamakura Works

1. まえがき NO₂の蛍光スペクトルは、波長400~600 nmにわたってあり蛍光断面積も大きい。このため、NO₂が高い濃度で存在する排煙中で近紫外光または可視光を光源とするレーザ・ラマン・レーダを使用すると大部分のガスのラマン散乱光はNO₂の蛍光の影響を受ける。ここでは、NO₂の蛍光強度を測定し、SO₂のラマン散乱光波長における受信光強度に対する影響を明らかにしたので実験の結果をのべる。

2. NO₂の蛍光断面積と蛍光寿命 レーザ・ラマン・レーダ⁽¹⁾より距離R=70mの位置にガラス製ガスセルをおき、内部に既知濃度のNO₂と空気の混合ガスを封入し、全圧カを1気圧とする。これにNd:YAGレーザのオ₂高調波を照射して受信光強度N_{fl}を測定し、式(1)から蛍光断面積を求めた。

$$N_{fl} = \eta \cdot n_0 \cdot K \cdot A_r \cdot L \cdot N \cdot \sigma_{fl} \cdot \Delta\lambda \cdot R^{-2} \quad (1)$$

ここで、 η : 光電子増倍管の量子効率, n_0 : 送信光子数, K : 系の光学効率
 A_r : 受信望遠鏡有効面積, L : ガスセルの厚さ, N : ガスの粒子密度,

$\Delta\lambda$: 分光系の透過スペクトル幅である。装置定数を代入して求めた σ_{fl} は、蛍光の観測波長を SO_2 のラマン散乱光波長(566.7 $m\mu$)に一致させたときに、 $2.9 \times 10^{-28} \text{ cm}^2 \text{ m}\mu^{-1} \text{ str}^{-1}$ となる。

次に、レーザ・レーダのレンジゲート t_g をガスセルよりも後方に移動させることにより蛍光強度の時間依存性を観測した。図1が観測波長を SO_2 のラマン散乱光波長に一致させたときの、 SO_2 ラマン散乱光と NO_2 の蛍光に関する測定結果である。 NO_2 の蛍光の場合には $t_g > R/2c$ (c :光速)でも受信光が観測されるが、蛍光寿命は150 nsec以下である。

3. SO_2 ラマン散乱光と NO_2 の蛍光の強度比

SO_2 のラマン散乱断面積を σ_R 、 SO_2 と NO_2 の濃度をそれぞれ N'_{SO_2} 、 N'_{NO_2} とすると受信光強度の比 R は式(2)となる。

$$R \equiv \sigma_{fl} \cdot \Delta\lambda \cdot N'_{NO_2} / \sigma_R \cdot N'_{SO_2} \quad (2)$$

ここで、 $\Delta\lambda = 0.5 \text{ m}\mu$ とすると、 $R=1.0$ を与える NO_2 と SO_2 の濃度比は、 σ_R として Fouche⁽²⁾の測定値をもとに計算した $2.1 \times 10^{-30} \text{ cm}^2 \text{ str}^{-1}$ を代入して $N'_{NO_2} / N'_{SO_2} = 0.014$ となる。

この濃度比は、重油ボイラの排煙中の SO_2 と NO_2 の濃度比にほぼ等しく、 NO_2 の蛍光の影響が無視できないこと、したがって、 NO_2 の蛍光強度を別の波長で測定して受信光から蛍光分を差し引かねばならないことを示している。

4. NO_2 の蛍光の測定波長

大気圧の空気と混合され、クエンチングがおこった状態では、 NO_2 の蛍光スペクトルは、低圧のときに観測される鋭い波長依存性が失われてしまうことが知られている。⁽³⁾したがって、 NO_2 の蛍光の測定波長は背景雑音の

低い波長領域から選ぶのが適当である。

図2は、夜間、工業地帯でレーザ・レーダによって排煙中の有害物質を測定する際に観測される背景雑音のスペクトルを示したものである。図中、MIEとは排煙によるレーザ光のミイ散乱を示し、 $R \cdot SO_2$ 、 $R \cdot CO_2$ 、 $R \cdot O_2$ 、 $R \cdot N_2$ は Nd:YAG レーザのオ2高調波によるラマン散乱光を示す。Hg, Na, Ne および波線(〜)は工場や道路の照明に使用されているランプの反射光である。なお、斜線は分光系の透過率波長依存性を示し、斜線の内側では背景雑音の除去が十分でないことを示している。点線は2.でのべた蛍光断面積をもとに計算した濃度30 ppmの NO_2 の蛍光強度である。この図から、 NO_2 の蛍光の測定波長は564 m μ 付近と582 m μ よりも長波長側になるが、高い煙突の頂上に設置されている赤色の航空標識灯の存在を考慮すると、排煙中の NO_2 を測定する際は SO_2 のラマン散乱光に近接した564 m μ 付近の波長としなければならぬ。

5 まとめ レーザ・ラマン・レーダを用いて、 SO_2 のラマン散乱光波長(566.7 m μ)での NO_2 の蛍光断面積を測定し、受信光強度に対する蛍光の寄与を明らかにすると共に、蛍光分の補正の必要性をのべた。また、 NO_2 の蛍光の最適測定波長について検討した。

参考文献

- (1) 装置の詳細な内容に関して、量エレ研究会資料 QE72-8及びQE72-9。
- (2) D.K.Fouche and R.K.Chang, Appl. Phys. Lett. 20, 256 (1972)
- (3) D.K.Fouche, A.Herzenberg and R.K.Chang, J. Appl. Phys. 43 3846 (1972)

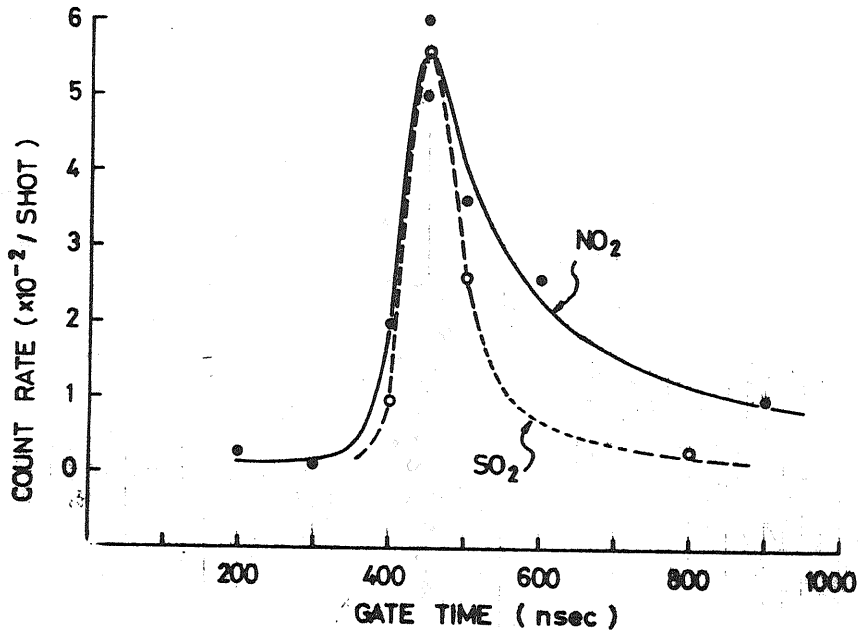


図1. NO₂の蛍光とSO₂のラマン散乱光の受信強度時間依存性.

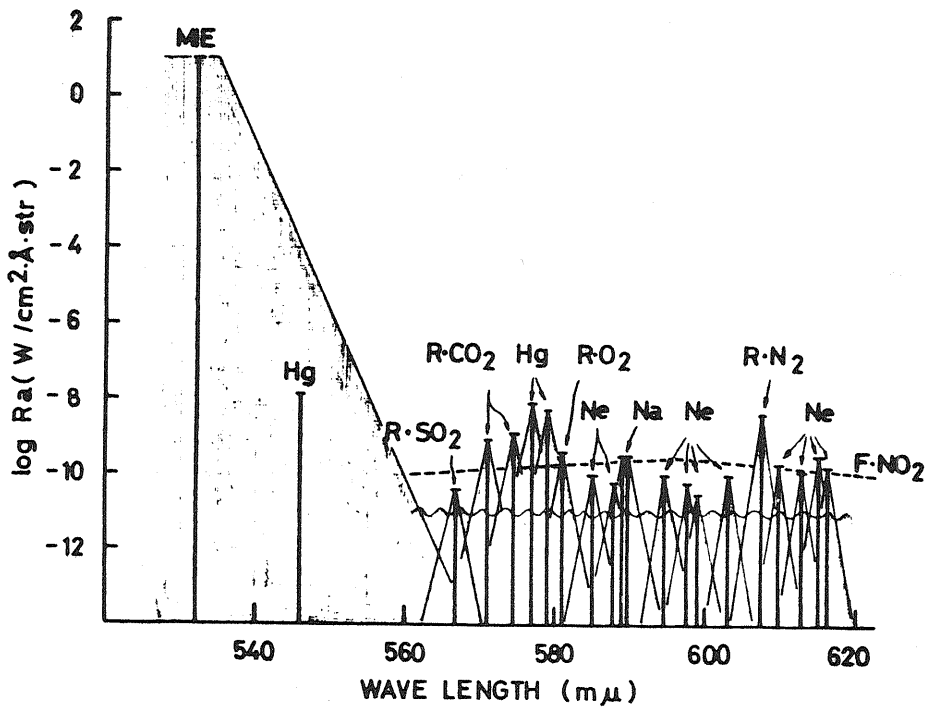


図2. 背景雑音および信号のスペクトル特性.