

# RAFSレーザー分光法による燃焼ガスの 瞬時温度計測

Instantaneous Temperature Measurements of Combustion Gases by RAFS Laser Spectroscopy

藤吉晋一郎 河本英雄\* 本田親久\* 前田三男\*\* 村岡克紀\* 赤崎正則\*  
 ( Shinichirou Fujiyoshi Hideo Kawamoto\* Chikahisa Honda\*  
 Mitsuo Maeda\*\* Katsunori Muraoka\* Masanori Akazaki\* )  
 ニシム電子工業㈱ \*九大・総理工 \*\*九大・工  
 ( Nishimu Electronics Ind. Co., Ltd. \*Grad. Sch. Eng. Sci., Kyushu Univ.  
 \*\*Fac. Eng., Kyushu Univ. )

SYNOPSIS: Laser fluorescence spectroscopy (LFS) is a sensitive technique for the measurements of atomic and molecular species density, profiles of velocity distribution function, temperature, local electric/magnetic field and so on. We have developed a rapid-frequency-scan(RAFS) dye laser for the fast measurements of fluorescence spectrum profiles. It has a wide range of application in measurements of transient phenomena, for example, in combustion, flow and chemical reactions. Here, using fluorescence spectrum of OH radicals in the combustion field, a temperature measurement was tried.

## まえがき

これまで気相中の原子・分子スペクトル線プロファイルの瞬時計測のため、単一のレーザーショットでスペクトルプロファイルが瞬時に計測できるRAFS (Rapid Frequency Scan) レーザー分光法を開発してきた。この方法はまた燃焼や流れの計測、反応性プラズマなど化学反応におけるラジカル種の温度や電界計測など過渡的な現象のスペクトル計測に幅広く適用される可能性を秘めている。燃焼装置やエンジンにおける燃焼現象を解明するには、燃焼場における空気・燃料・微粒子の混合、流動、相変化などの挙動、さらには燃焼生成物等の温度・濃度などに関する時々刻々のしかもきわめて空間分解能の高い情報を、対象を乱すことなく実時間で入手しなければならない。他の有力な温度計測法として挙げられるCARSや遅い波長掃引のレーザー蛍光法では追従できないほど速く変化するエンジンなどの温度測定には、火炎中の発光原子・分子などの振動・回転準位間の励起スペクトル線強度比を瞬時に求められるRAFSレーザー分光法が有利である。そこでこのRAFSレーザー分光法を用いて今回は燃焼場における分子の振動・回転準位のプロファイル計測から温度を求めることを試みたので報告する。

## RAFSレーザー装置と実験方法

このRAFSレーザーはFig. 1のように、フラッシュランプ励起色素レーザーヘッド、ギャップ長可変エタロン、複屈折フィルターより構成されている。発振周波数はPZTを用いて発振時間内に直線的に掃引され、測定対象に応じてエタロン間隔、フィルター厚及び枚数を選ぶことで波長掃引域を15nm~40nmまで選択することができる。

まず予備実験として都市ガス/空気を用いて、温度計測のターゲット分子としては定常状態の火炎で比較的古くから研究されてきたOHラジカルを選んだ。Fig. 2にOHラジカルの $X^2\Pi(v''=0)-A^2\Sigma(v'=0)$ での励起光と蛍光に関与しているエネルギー準位の一例を示す。OHラジカルでは回転緩和とクエンチングレートは同程度の値であるため、LFS過程の取扱は複雑となる。OHラジカルの密度を求める場合には、クエンチングレートを見積る必要がある。温度計測の場合は、励起波長を掃引しながら数本~十数本の励起光スペクトルを瞬時に観測し、OHラジカルの振動・回転準位に存在する分子数がボルツマン分布してい

ると仮定して、スペクトル強度の比より火炎の温度を決定することができる。

Fig. 3に示すような実験配置でバーナーの火炎の温度計測を行なった。OHラジカルの励起スペクトルは、280~310nm程度の波長であるが、ここではRAFSレーザーの第二高調波(308nm)を励起光として火炎に入射した。RAFSレーザーは、ローダミン590にローダミン640を少量混合したエタノール溶液を用いて616nmで発振させ、波長変換素子BBO結晶( $\beta$ -BaB<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)を用いて第二高調波308nmを発振させた。この308nmの励起光は、BBO結晶の位相整合条件により掃引幅は制約される。BBO結晶の波長掃引幅は実験より500pm(1/3幅)程度となり、分解能は約15pmである。放出される蛍光は光電子増倍管により、また励起光はフォトダイオードによりモニターし、蛍光プロファイルを規格化するのに用いる。

一方、還元性火炎中のラジカル種(OH, CH等)に注目して、その温度だけでなく密度をも計測することは、燃焼特性を解明する上で有用であると考えられる。そこで、励起光として市販のCWリング色素レーザーの第二高調波を用いたレーザー蛍光法により、定常火炎中のOHラジカルをターゲットとして、その温度と密度を同時計測することも試みた。密度は、励起光強度、蛍光強度の測定によりクエンチングレートを、また蛍光強度の比より温度を求めることで決定する。更に、温度、密度の空間情報を増やすために、多チャンネル計測化することを予定している。

1) 本田他: レーザー研究 15 (1987) 495

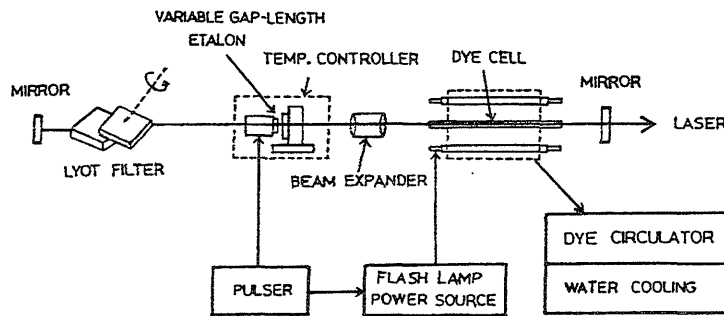


Fig.1 RAFS laser system

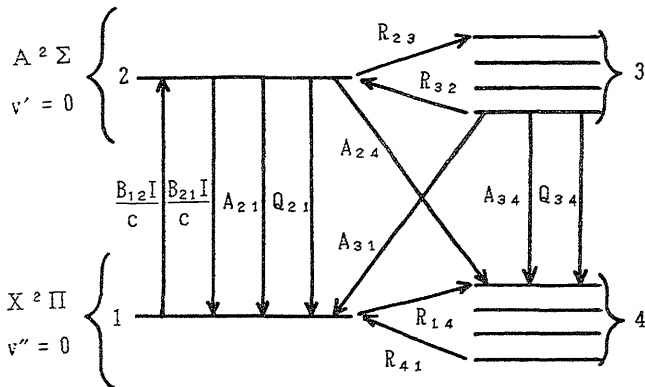


Fig.2 Energy levels of OH radicals

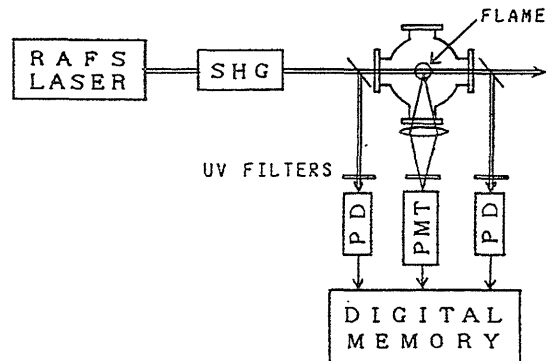


Fig.3 Experimental set-up