A105

1 波長レーザー誘起によるナフタレンの2色蛍光を用いたガス温度分布の可視化

平沢 太郎[○](中部大学), 鎌田 祐一(ノリタケカンパニーリミテド),
村岡 克紀(中部大学), 金場 貴宏(中部大学)

Visualization of Gas Temperature Profile Based on Two-color Fluorescence of Naphthalene Induced by One-wavelength Laser

Taro HIRASAWA, Yuichi KAMATA, Katsunori MURAOKA, and Takahiro KANEBA

ABSTRACT

The present study has been carried out with the aim of developing a technique for measuring two-dimensional gas temperature profiles based on two-color fluorescence induced by a one-color laser. The laser sheet of the fourth harmonic (266 nm) from a Nd:YAG laser induced fluorescence of naphthalene doped in a nitrogen gas flow. The dependence of LIF intensity of naphthalene on temperature largely depends on wavelength. Thus, it is shown that the gas temperature is able to be determined by the ratio of LIF intensities at 320 nm and 380 nm.

Keywords: Flow Visualization, Laser Induced Fluorescence, Temperature Measurement

1. 緒 言

1 波長のレーザー励起による 2 化学種からの蛍光を用いて流体の 2 次元の温度分布を計測する手法は、液体に関してはローダミン 110 およびローダミン B を用いたいくつかの測定例^{1,2)}があり、これらの蛍光物質を用いた温度計測はほぼ確立していると言える。しかしながら気体温度計測に関しては、気相に添加されたケロシンに関するレーザー誘起蛍光(LIF)測定により、LIF の強度およびスペクトルの温度依存性が 1 環と 2 環の芳香族では異なること³⁾が報告されているものの、ガス温度測定への応用に関する十分な検討はなされておらず、計測法の確立には至っていない。

筆者らはこれまでに 1 環のエチルベンゼンおよび 2 環のナフタレンを気相に添加して 1 波長のレーザー励起により気体ながれの 2 次元の温度分布を計測する手法について検討を行った⁴⁾。今回本研究では、蛍光物質の気相への添加が簡便になるため、2 環のナフタレンのみを気相に添加し、1 波長のレーザー励起により流体の 2 次元

の温度分布を計測する手法について検討を加える。

2. 実験装置および方法

Fig. 1 にレーザー光学系の概略図を示す。Nd:YAG レーザー(The New Wave Research Solo 120)から出力された 2 倍高調波(532nm)は、外部の SHG により 4 倍高調波(266nm)に変換され、シート光学系を通して検査領域に照射される。Fig. 2(a) にガス流路および蛍光計測部の概略を示す。窒素ガスはマスフローコントローラにより流量を制御され、Fig. 2(b) に示すように、通気性のよいペーパー(JK ワイパー 150-S)に包まれたナフタレンを通過することにより蛍光物質が添加される。蛍光物質が添加された窒素ガスは配管外部より加熱され、検査領域である石英セル内を通過し、スリットの手前の横に設けられた排気口から排気される。

Fig. 1 Optical Layout

Fig. 2 Schematic Drawing of Experimental Setup: (a)Piping Layout and Measurement System. (b)Doping Chamber for Naphthalene

レーザーシート光を石英セルの正面と平行に中心軸に沿って照射し、石英セル正面に取り付けられた分光器 (Lambda Vision SA-100 型)により蛍光スペクトルの測定を行った。

3. 実験結果および考察

Fig. 3 上部に 290K から 374K のガス温度におけるナフタレンの LIF スペクトルを、Fig. 3 下部にこのスペクトルを 290K におけるスペクトルで正規化したものを示す。ナフタレンの LIF 強度はガス温度の上昇に伴い次第に減少している。また、ナフタレンの温度依存性は波長により異なっていることが分かる。

各波長における温度に対する LIF 強度の変化を 1 次関

Fig.3 Temperature dependence of LIF Spectra of Naphthalene

Fig.4 Decreasing Gradient of Normalized LIF Intensity Against Temperature (Upper Panel), Spectral Transmission Curves of Two Optical Bandpass Filters, and Quantum Efficiency of CCD (Lower Panel)

Fig.5 Simulated Calibration Curve between Temperature and Normalized Ratio of Filtered Intensity (320 nm / 380 nm)

数で近似し、その減少勾配を Fig. 4 の上部に LIF スペクトルと共に示す。これより 310nm 付近の LIF 強度の変化が最も大きく、これより長波が長くなるほど減少勾配が低下していることが分かる。LIF スペクトルと CCD カメラの量子効率を考慮し、温度依存性の高い波長帯と温度依存性の低い波長帯として中心波長 320nm、半値幅 20nm のバンドパスフィルターと中心波長 380nm、半値幅 40nm のバンドパスフィルターを選択した。これらのフィルターの透過率を Fig. 4 の下部に示す。

これらのフィルターを用いた場合の受光強度比の温度による変化をシミュレートした結果を Fig. 5 に示す。各フィルターを通過した LIF 光の強度を積分し、それらの値の比を 295K の際の比で規格化している。Fig. 5 より LIF 強度比は温度上昇に伴い一次関数的に減少することが分かる。一次関数近似の傾きより、1K あたり 0.28% の LIF 強度の減少があることが分かる。

以上の検討より、2 色の LIF 強度比が 1% の精度で計測できれば、本計測手法により 3.6K の精度で温度分布を計測できるという結果が得られた。

参考文献

- 1) Sakakibara, J., Adrian, R. J.: Whole Field Measurement of Temperature in Water Using Two-color Laser Induced Fluorescence, Exp. Fluids, vol.26 (1999) pp.7-15.
- 2) S. Funatani, N. Fujisawa and H Ikeda: Simultaneous Measurement of Temperature and Velocity Using Two-color LIF Combined with PIV with a Color CCD Camera and Its Application to the Turbulent Buoyant Plume, Meas. Sci. Technol. Vol.15 (2004) pp. 983-990.
- 3) P. Baranger, M. Orain, and F. Grisch: Fluorescence Spectroscopy of Kerosene Vapour: Application to Gas Turbines, 43rd AIAA Aerospace Science Meeting and Exhibit, AIAA 2005-828 (2005) pp.1-16.
- 4) Hirasawa, T., Kaneba, T., Kamata, Y., Muraoka, K. and Nakamura, Y., Temperature Dependence of Intensities of Laser-Induced Fluorescences of Ethylbenzene and Naphthalene Seeded in Gas Flow at Atmospheric Pressure, J. Visualization, Vol. 10 No.2 (2007) pp. 197-206.