

# ラマンライダを用いた三次元マルチガス計測技術の開発

荻田 将一<sup>1</sup>, 杉本 幸代<sup>1</sup>, 朝日 一平<sup>1</sup>, 椎名 達雄<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 四国総合研究所 (〒761-0192 香川県高松市屋島西町 2109-8)

<sup>2</sup> 千葉大学 (〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33)

## Development of 3D multi-gas measurement technology using Raman LIDAR

Masakazu OGITA<sup>1</sup>, Sachiyo SUGIMOTO<sup>1</sup>, Ippei ASAHI<sup>1</sup>, and Tatsuo SHIINA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Shikoku Research Institute, 2109-8 Yashimanishi, Takamatsu, Kagawa 761-0192

<sup>2</sup> Chiba University, 1-33 Yayoi, Inage, Chiba, Chiba 263-8522

**Abstract:** We have developed a multi-gas Raman LIDAR that can measure multiple gases including decarbonized fuel. This device is available in the deep ultraviolet region called the solar blind, which is usable at daytime in outdoor. In addition, this device has a function to display the spatial concentration distribution of the target gas. In previous research and development, hydrogen gas was verified as the target gas. In this research, Methane and City gas 13A were used as the target gas. When these gases were excited at 266 nm, the Methane and City gas 13A Raman scattering wavelength were 288.4 nm and 289.2 nm respectively. In this paper, we describe configuration of the device and measurement results of Methane and City gas 13A.

**Key Words:** LIDAR, Laser Raman Spectroscopy, City gas, Methane, Remote sensing

### 1. 背景

「2050年カーボンニュートラル」が宣言され、脱炭素化への取組みが加速することが予測される。気体燃料の需要が高まることで、多くの装置や設備で新たに気体の漏洩を監視する必要性が生じる。

現在の可燃性ガスの漏洩箇所の特定方法は、接触式センサを適用した定点監視と携帯式ガス検知器による漏洩探査が主流であり、ガス種ごとに素子が必要である、ガスの滞留により検査員が危険に晒される可能性があるなど安全性に問題がある。これらの理由により、現在、可燃性ガスの漏洩箇所を迅速、安全に特定することが困難な状況にあり、安全性の確保が脱炭素燃料の普及への必要条件となっている。

これらの背景に鑑み、著者らがこれまで研究開発を行ってきたラマンライダを応用したガス濃度遠隔計測技術を用い、複数のガス種に適用可能であり、対象ガスの空間濃度分布表示機能を備えたライダの研究開発を行った。これまでは水素を被検ガスとしてきたが、本稿では CN-LNG の主成分である CH<sub>4</sub> と CH<sub>4</sub> を含む都市ガス 13A を対象とした計測事例を報告する。

### 2. 計測手法

本装置の計測手法として用いるラマン分光法はマルチガス計測に有用であり、複数の分子が存在する環境下でも、観測波長を変更することで、単一の装置で複数のガス種の検出が可能となる。また、原理上、励起波長を問わず適用できるが、昼間屋外計測の場合は強力な太陽光の影響を抑制する波長の選択が必要となる。このため、照射する光源は、被検ガスのラマン散乱波長がソーラブラインドエリアとなる 266 nm のレーザを用いた。この波長領域では大気成層圏の O<sub>3</sub> の光吸収により太陽光は地表面にごくわずかししか到達しない。大気主成分である N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, 被検ガスである CH<sub>4</sub> のラマンシフトおよび、266 nm 励起の場合のラマン散乱波長を Table 1 に、実測した CH<sub>4</sub> と都市ガス 13A のラマンスペクトルを Fig.1 に示す。

Table 1 Each molecule species Raman shift and Raman scattering wavelength (266 nm ex.)

| Molecular species | Raman shift [cm <sup>-1</sup> ] | Raman scattering wavelength [nm] |
|-------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| N <sub>2</sub>    | 2330.7                          | 283.6                            |
| O <sub>2</sub>    | 1556.0                          | 277.5                            |
| H <sub>2</sub> O  | 3651.7                          | 294.6                            |
| CH <sub>4</sub>   | 2914.0                          | 288.4                            |
|                   | 3017.0                          | 289.2                            |

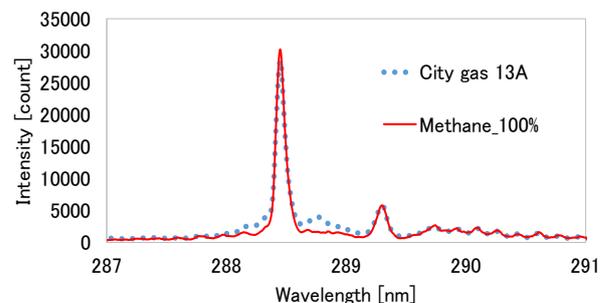


Fig.1 Raman spectra of Methane and City gas 13A

都市ガス 13A は約 90%を CH<sub>4</sub> が占める炭化水素の混合ガスであるため、Fig.1 に示すように CH<sub>4</sub> スペクトルと形状の差異はあるが信号のピークの位置は同じ波長となる。

### 3. 装置構成



Fig.2 Appearance of multi-gas LIDAR

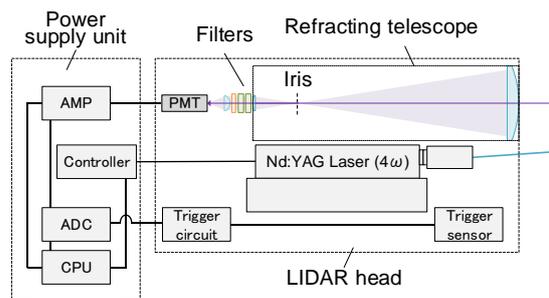


Fig.3 Configuration of multi-gas LIDAR

Fig.2 に実用モデルとして開発したマルチガスライダの装置外観を, Fig.3 に装置構成を示す. ライダ光学系は, 光送受信軸分離型の biaxial 方式とした. 本方式は, 受信光軸に対し送信光軸のなす角度に依存する近距離域のブラインドエリアが生じる一方, 構成が容易, 送信ビーム起因のノイズ成分が少ないなどの特徴を持つ. 送信系には DPSS レーザ(波長: 266 nm, パルスエネルギー: 50  $\mu$ J, パルス幅: 1.3 ns, PRF: 100 Hz)を用いた. 受信系は屈折式望遠鏡(有効径:  $\phi$ 93 mm)を適用した. 望遠鏡により集光した光は, 各種フィルタによるレーザ波長成分の除去とラマン散乱光の抽出を経て, PMT に結合される. 抽出したラマン散乱光は 3 GS/s のサンプルレートの高速 A/D 変換が可能な信号処理系を用いて信号を取得する.

### 4. 実験結果

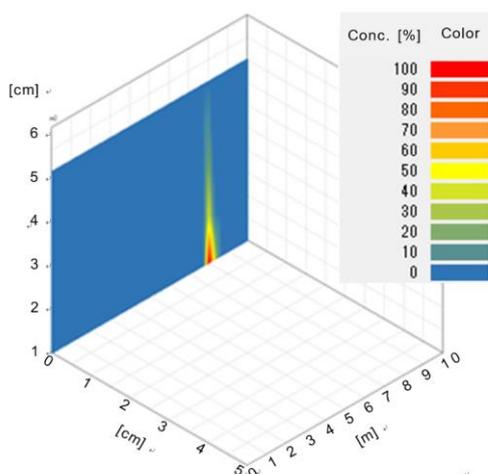


Fig.4 Spatial concentration distribution of City gas 13A

離隔距離 8 m の位置に設置した配管に  $\phi$ 1 mm のピンホールを設け, 都市ガス 13A を 2.5 kPa にて大気に放した. Fig.4 に昼間屋外計測結果を示す. 計測条件は冬季, 晴天, 時刻 14 時頃, 風速は 3.4 m/s 程度である. Fig.4 はピンホール直上 1 cm から 5 cm の鉛直 5 点にて都市ガス 13A を計測した結果である. 濃度値は大気中の  $N_2$  の信号強度とラマン散乱断面積比より取得した相対値を示している. Fig.4 より, 8 m の位置にて, ガスの空間濃度分布が明瞭に確認できた. 鉛直方向に高濃度域が広く分布しているのは  $\phi$ 1 mm の開口により高い流速でガスが放出されたためであり, 本研究と同等の小径破損事故が発生した場合, 現場でも同等の現象が生じると考えられる. 以上の結果より, 昼間屋外環境下 8 m の離隔距離にて都市ガス 13A の空間濃度分布を表示することが可能であることを実験的に確認することができた.

### 5. まとめ

複数のガス種に適用可能な, ガスの空間濃度分布表示機能を備えたマルチガスライダの研究開発を行い, 実ガスにて機能確認を行った. 講演では加えて, 別条件での空間濃度分布の結果についても報告する. 今後は他のガス種での実ガス計測, および自動掃引機構の追加等を行っていく予定である.

### 謝 辞

この成果の一部は, NEDO 委託業務 (JPNP13002) の結果得られたものである.