

# 遠隔型水素ガスリークディテクタの開発

荻田 将一<sup>1</sup>, 杉本 幸代<sup>1</sup>, 三木 啓史<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 Remote Type Hydrogen Gas Leak Detector

Masakazu OGITA<sup>1</sup>, Sachiyo SUGIMOTO<sup>1</sup>, Hirofumi MIKI<sup>1</sup>, Ippei ASAH<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: The spectrum of sunlight observed on the ground surface is longer than 304nm. Hydrogen Raman scattering wavelength pumped with a laser beam wavelength of 266 nm is 299.1 nm. Therefore, the influence of sunlight on detection of Hydrogen Raman scattering light is small at 299.1nm. We developed a remote type hydrogen gas leak detector that can be measured outdoors during the daytime. In this paper, we describe system configuration and measurement examples.

**Key Words:** LIDAR, Laser Raman Spectroscopy, Hydrogen, DUV, Remote sensing

### 1. 背景

現行の水素ステーションでは、ガス検知器を設置すると共に、換気設備等を配置し、水素が滞留しない開放構造とすることで、水素漏洩の安全対策としている。これらの構造は、水素漏洩時の着火の危険性を大きく低減する為に有効である一方、漏洩した水素ガスの濃度が短時間で低下する為、固定点において受動的に水素ガスを検知する従来のガス検知器では漏洩状態の検知に遅れが生じるケースが想定される。従って、より安全性の高い水素ステーションの運用を実現する為に、この課題を解決することが可能な水素ガス漏洩位置探査技術の開発が必要である。

これらの背景に鑑み、著者らが今まで研究開発を行ってきたラマンライダ<sup>1)</sup>を応用したガス濃度遠隔計測技術<sup>2)</sup>を適用した昼間屋外環境下で使用可能な遠隔型の水素ガスリークディテクタの研究開発を行った。本稿では実施概要及び計測結果事例について報告する。

### 2. 目的及び目標

#### Remote type hydrogen gas leak detector

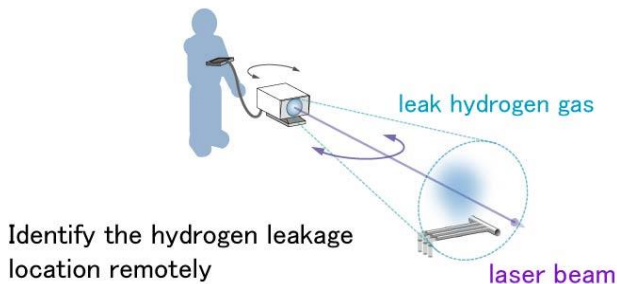


Fig.1 Concept model of remote type hydrogen gas leak detector

本研究開発は NEDO 水素利用技術研究開発事業に係る研究であり、水素ステーション等で使用

可能なガス漏洩位置探査装置の実用化を目指して、危険区域外の遠隔から水素漏洩箇所を探査し、漏洩箇所を瞬時に特定することができる遠隔型水素ガスリークディテクタを開発することを目的とする。目標設定として、検出限界については、一般高圧ガス保安規則関係例示基準に準じ、水素ガス爆発下限濃度 4% の 1/4 として 1% を、離隔距離は防爆指針等において示されている危険区域外からの遠隔計測を目指し、8m に設定した。

### 3. 計測手法

Table 1 Each molecule species Raman shift and Raman scattering wavelength

Molecular species	Raman shift [cm <sup>-1</sup> ]	Raman scattering wavelength[nm]	
		355 ex.	266 ex.
O <sub>2</sub>	1556.0	375.8	277.5
N <sub>2</sub>	2330.7	387.0	283.6
H <sub>2</sub> O	3651.7	407.9	294.6
H <sub>2</sub>	4160.2	416.5	299.1

本稿では、ライダエコーとしてラマン散乱光を捉える手法を用いて水素ガスの遠隔計測を行う<sup>3)</sup>。ライダ計測としては近距離である 10m 程度が観測範囲であり、送受信光学系の形式は光学構成の簡易さとノイズの低減を考慮し biaxial 型を適用した<sup>4)</sup>。

ラマン散乱光のエネルギー変化量(ラマンシフト)は分子種固有であり<sup>5)</sup>、分光器や光学フィルタで目的の波長の光のみを分光して選択計測することにより、複数のガスが存在する環境下でも、対象とするガスのみを分離検出が可能となる。

また、屋外計測時における太陽光の影響を考慮し、送信系に Nd:YAG の第 4 高調波(266nm)のレーザーを用いた。Table 1 に大気主成分である窒素、酸素、水蒸気、被検ガスである水素のラマンシフト及び、355nm, 266nm 励起のラマン散乱波長を示す。地表で観測される太陽光のスペクトルは

304nm より長波長側にあり、266nm で励起した場合の水素ラマン散乱波長は 299.1nm となる為、太陽光の影響を大きく低減することが期待される。

#### 4. 装置構成

Fig.2 に試作したラマンライダシステムの構成を示す。送信系の光源は DPSS レーザ<sup>6)</sup>(波長 266nm, パルスエネルギー 50μJ, パルス幅 1.3ns, PRF 100Hz)を、受信系には屈折式望遠鏡(有効径 φ93mm)を用いた。レーザ光は放射後、ビームエキスパンダによりコリメートされ観測空間中に照射される。これに伴って生じるラマン散乱光は、望遠鏡によって受信光学系内に集光され、エッジフィルタ(266nm 遮断率 $<10^{-6}$ )によるレーザ波長成分の除去と干渉フィルタ(中心波長 302nm, 半値全幅 10nm)による水素のラマン散乱光の抽出を経て、光電子増倍管に結合される。

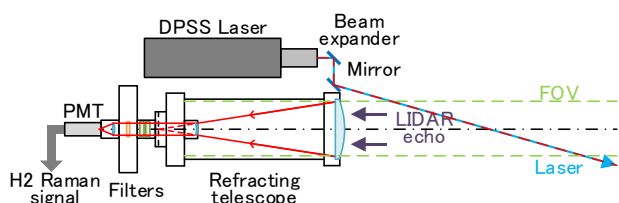


Fig.2 Configuration of Raman LIDAR system

#### 5. 実験結果

Fig.3 は本装置を用いて屋内外にて取得した大気中の N<sub>2</sub> ラマンスペクトルの比較により太陽光の影響を確認したものである。屋外計測は夏季、晴天、時刻 14 時頃に行った。アライメント等の誤差による強度の差異はあるが、屋外計測時、太陽光による顕著な外乱の影響は認められなかった。

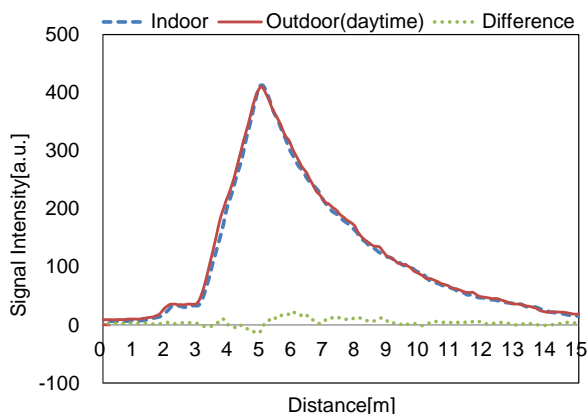


Fig.3 Influence of sunlight

次に、ラボ内における水素検知機能試験結果を Fig.4 に示す。観測領域内 8m に設置したガスセル内の水素ガス濃度を 4%から 1%まで段階的に変化させて水素ガスのラマン散乱光強度を計測し、離隔距離 8m での検知下限濃度の確認を行った。ガスセルの光路長は 200mm である。

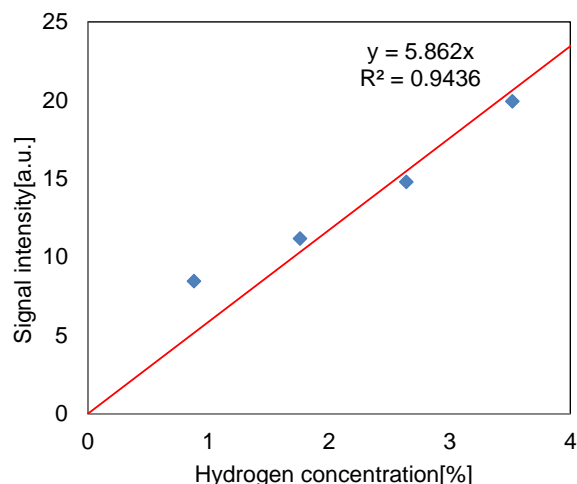


Fig.4 Detection limit of hydrogen gas leak detector

Fig.4 から、信号強度と水素ガス濃度の間に良好な線形の相関関係が見られることが確認できた。これらの結果より、屋外環境下で 8m の離隔距離にて濃度 1%水素ガスが検知可能であることを実験的に確認することができた。S/N 比を 3:1 として、現在の水素検出下限は 0.5%となる。

#### 6. まとめ

水素ステーションでの運用を目的とした昼間屋外環境下における遠隔型水素ガスリークディテクタの実現に向け、研究開発を行った。

講演では、加えて本装置での空間掃引結果事例等についても報告する。今後は引き続き高感度化等の技術開発を進め、一般的なガスへの応用も視野に、実用モデルの完成を目指す。

#### 謝辞

本研究開発の一部は、平成 26~29 年度 NEDO 水素利用技術研究開発事業の一環として行われたものである。

#### 参考文献

- 1) T. Fujii, T. Fukuchi: "Laser Remote Sensing", Taylor & Francis, pp.1-36 (2005)
- 2) 朝日一平 他: 「低出力レーザによる水素ガス濃度遠隔計測」, 電気学会論文誌 C, Vol.130, No.7, pp.1145-1150 (2010)
- 3) 鹿野哲夫 他: 「大気環境のレーザ・リモートセンシング -レーザ・レーダシステム-」, 環境科学年報 -信州大学-, 第 12 巻, pp.1-11 (1990)
- 4) 椎名達雄: 「近距離ライダの光学設計」, 電気学会 C 部門大会予稿集, OSI-2, pp.548-553 (2011)
- 5) R. M. Measures: "Laser Remote Sensing", John Wiley and Sons, New York, p.108 (1984)
- 6) レーザ学会編: 「レーザーハンドブック」, オーム社, pp.311-319(2005)