

水素ガス漏洩検知方法の開発

Development of Hydrogen Gas Detection Techniques

二宮英樹 1、八重嶋早枝子 1、福田和秀 1、福地哲生 2

Hideki Ninomiya 1, Saeko Yaeshima 1, Kazuhide Fukuta 1, Tetsuo Fukuchi 2

1 (株) 四国総合研究所, 2 (財) 電力中央研究所

1 Shikoku Research Institute Inc., 2 Central Research Institute of Electric Power Industry

In order to detect the leakage location of hydrogen gas, we have developed a system that images Raman scattering from hydrogen gas. The laser beam irradiated the monitored space, and Raman scattering from hydrogen gas was detected using a telescope and photomultiplier tube. This Raman scattering signal is superimposed on the visible image obtained by a conventional CCD camera. To reduce the influence of external noise such as sunlight or irradiation, the system detects Raman scattered light from hydrogen gas synchronously with the laser emission pulses using a short time gate. An optical band pass filter with the central wavelength tuned to the wavelength of Raman scattering from hydrogen gas is installed in front of the photomultiplier tube to block light at other wavelengths.

1. はじめに

近い将来における水素エネルギーの普及に備え、水素供給ステーション等の安全対策として漏洩水素ガス検知器の開発が求められている。しかし水素ガスは無色・透明であり近紫外域から赤外域において吸収をもたないため、従来から大気中ガス成分測定に用いられている差分吸収分光法などは適用できない。

本研究の目的は、水素ガスにレーザーを照射した時に発生するラマン散乱光を観測してガスリークを検出することである。これまでの研究では、YAGレーザーの第4高調波を用いて、濃度1%の水素ガスをイメージ化できること、屋外においては15Lit/minで大気解放した際の水素ガスを1.2mの離隔距離から画像として検出できることを確認している。^{1, 2)}しかし、引火性の強い水素ガスの検知には防爆距離8m以上の安全な離隔距離が必要である。また、実フィールドにおいては、太陽光や照明光などの背景光のほか、レーザー照射によって発生する蛍光外乱の対策が必要である。

2. 実験方法

水素ガスからのラマン散乱光を集光し、電気信号に変換する装置を構築し、検知能力を測定した。装置の概念図を図1に示す。ここでは、光源にNd:YAGレーザー(第4高調波, 発振波長:266nm, 出力:30mJ)を、受光系には口径220mmのニュートン型望遠鏡を用いた。望遠鏡ミラーの反射率は波長260-300nmにおいて81%以上であり、視野は距離10mにおいて約30mmである。レーザー光は望遠鏡の先端中心に配置した出射用ミラーを用いて、望遠鏡と同軸に出射される。受光系で集光した光はビームスプリッターで2分し、それぞれを光電子増倍管によって電気信号へ変換し、オシロスコープで観測する。光電子増倍管の前方には干渉フィルターを配置し、水素のラマン散乱光とレーザー誘起蛍光を検出する。水素ガスのラマン散乱光は中心波長299.1nm、半値幅1.5nmのバンドパスフィルターを用いて選別している。観測は水素放出ノズルから50mmの位置で行った。

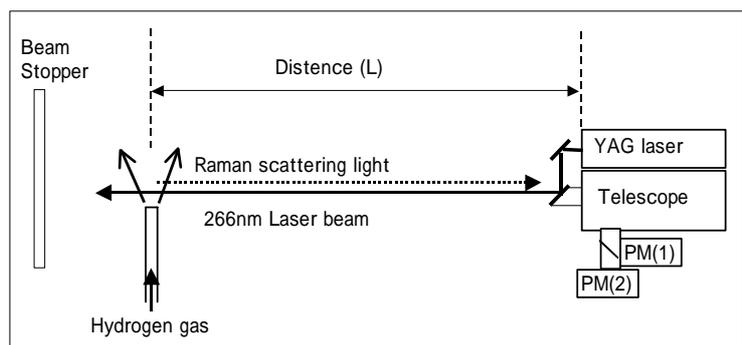


Fig.1. Experimental setup for measurement of Raman scattering from hydrogen gas.

3. 実験結果と考察

漏洩水素ガスからのラマン散乱光を捉えたオシロスコープ波形の一例を図2に示す。図中横軸の「0」はレーザーのQスイッチ印加時間であり、Aは照射レーザー光が望遠鏡前を横切った時の外乱、Bは水素ガスからのラマン散乱信号、Cは水素ガスの後方に設置したレーザー光遮蔽板からの蛍光信号である。ラマン散乱光はレーザー照射から約220ns後に観測されおり、これは距離にして30mに相当する。

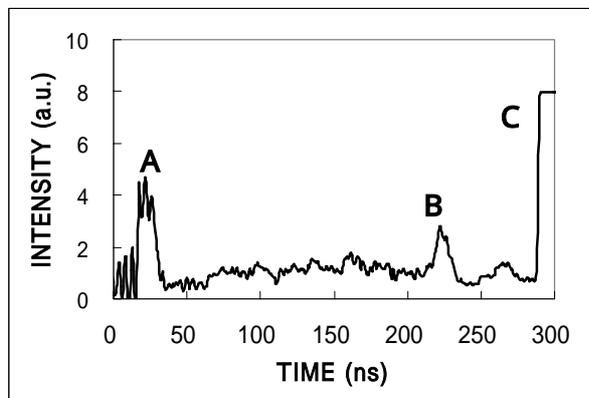


Fig.2. Waveform obtained by the oscilloscope.

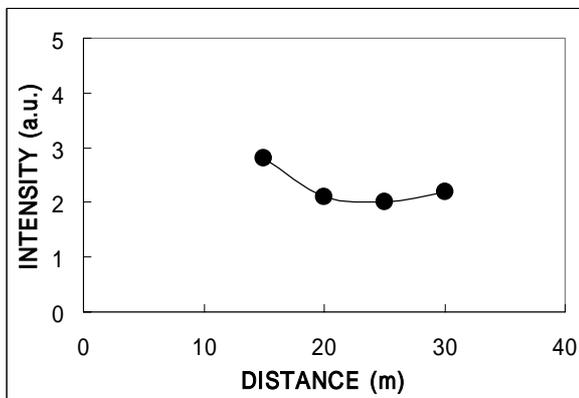


Fig.3. Raman scattering intensity with distance.

水素ガス漏洩地点を変えた結果を図3に示す。離隔距離に対してラマン散乱光強度は $1/L^2$ では減少しておらず、受光系の性質に加えてラマン散乱光の指向性も検討する必要がある。また、水素ガス放出量を変えた結果を図4に示す。ラマン散乱光強度は流量に対しあまり変化がなく、放出ノズルの近くでは水素濃度はほぼ一定であると考えられる。

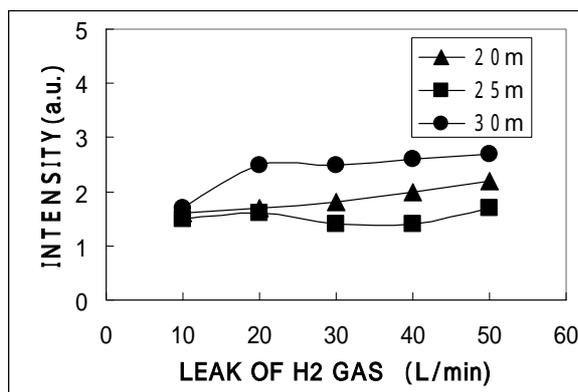


Fig.4. Dependence of Raman scattering signal intensity on gas leak rate.

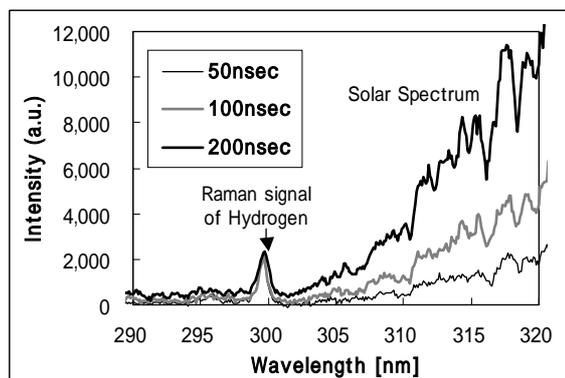


Fig.5. Spectra of Raman scattering and sunlight obtained at different gate widths.

ラマン散乱光は微弱であるため、太陽光の影響が懸念される。そこで分光器を用いて水素のラマン散乱光と太陽スペクトルを測定した。分光器のゲート時間をパラメータにした測定結果を図5に示す。太陽光強度は $0.9\text{kW}/\text{m}^2$ であるが、299.1nmの水素ラマン散乱光の近傍では太陽光強度は弱く、水素信号を優位的に観測することが可能である。

4. 結言

ラマン散乱を用いて漏洩水素ガスを検知するシステムを開発した。実用化には、ラマン散乱光の検出を確実にできることと共に危険度の低い微弱なレーザーの適用や外乱の低減などの課題があり、誤動作の無い検出技術の開発を図る計画である。なお、本研究は「地域新規産業創造技術開発費補助事業(経済産業省)」として平成16年度から実施している。

参考文献

- 1) 武智啓:燃料電池Vol. 4(2004 秋号)、pp. 57-61 (2004)
- 2) 三木啓史, 守家 輔, 市川幸司, 二宮英樹, 願化俊彦, 菅 守叶, 武智 啓:第24回 HESS 大会予稿, pp.43-46(2004)