

# 小型ラマンライダーによる局所大気環境計測

## The observation of local environment by compact Raman LIDAR

千明 倫之<sup>1</sup>, 椎名 達雄<sup>1</sup>, 齋藤 隼人<sup>2</sup>, 眞子 直弘<sup>2</sup>, 久世 宏明<sup>2</sup>, 羽生 敏紀<sup>3</sup>, 金山 文彦<sup>3</sup>, 岡田 尚<sup>3</sup>

Tomoyuki Chigira<sup>1</sup>, Tatsuo Shiina<sup>1</sup>, Hayato Saito<sup>2</sup>, Naohiro Manago<sup>2</sup>, Hiroaki Kuze<sup>2</sup>

Toshinori Hanyu<sup>3</sup>, Humihiko Kanayama<sup>3</sup>, Takashi Okada<sup>3</sup>

1.千葉大学 2.千葉大学環境リモートセンシング研究センター 3.日本原子力研究開発機構

1.Chiba University, 2.Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University,

3.Japan Atomic Energy Agency

### Abstract

We have developed a compact Raman lidar for the observation of local environment. It enables the observation of nitrogen, water droplet, water vapor, and hydrogen. Raman spectra of water droplet is wide, and it overlaps with Raman spectra of water vapor. So we studied the intensity ratio for each Raman wavelength of water droplet and water vapor from the liquid water measurement. We have the purpose of environmental measurement, in particular, the changes in the atmospheric environment by radiation.

### 1.はじめに

工場や発電所等の閉所内の大気や漏洩したガスのモニタリングにおいてライダー技術は有効である。特にラマンライダーは水蒸気や水素など特定のターゲットを定量的に検知することが出来、総合的な局所大気のモニタリングを可能にする。本研究の目的は小型ラマンライダーを用いて閉所内大気環境計測を行うことである。また、水蒸気を含む空気中に放射線源( $\alpha$ 線源)を置いたとき、その近傍における大気組成変化が検出できるかどうかを調べる。放射線の影響を受けてイオン化が起こり、霧箱の場合と同様に水蒸気が凝結したエアロゾルが生じるなど、放射性物質が存在した場合に局所的な大気組成濃度に変化が生じることが考えられる。このため大気中の放射性物質のモニタリング方法の一つとしてライダー技術の応用を検討する。

### 2.装置構成

Fig.1 に装置の構成を示す。本装置は送受信経路が一体となるインライン型を採用しており、狭い視野角で近距離の計測が可能である[1]。光源は 349nm の Nd:YLF レーザーを使用している。検知対象は窒素(380nm)、液体の水(以下、単に水という; 396nm)、水蒸気(400nm)、そして水素(408nm)のラマン散乱光である。レーザー光、及び各ラマン波長をダイクロイックミラーで反射・透過させることで分光する。本研究では放射線による大気組成変化を、水ラマン光の変化で検知できるように改良を行った。イオン化に伴って粒径が比較的大きな水滴が生成される場合、396nm の水分子の挙動を示す可能性があるためである。これを計測するため、水蒸気用の PMT の前にフィルターホイールを導入することで、水と水蒸気用の干渉フィルタを切り替えた計測を可能にした。Fig.2 に水と水蒸気を検知するために使用した干渉フィルタの透過特性を示す。水と水蒸気ではラマン波長が非常に近いため、干渉フィルタは 3nm の幅のものを使用した。窒素及び水素用の干渉フィルタは透過率(85%)の高い 10nm の幅のフィルタを用いた。

ラマン光の計測に際して、専用に開発されたトリマティス製のフォトンカウンティング用のマルチチャンネルスケラーボードを用いた。5ns の高分解能、500kHz 以上の高繰り返し可能なこのボードによって大気急速な動きに追従した計測が可能である。

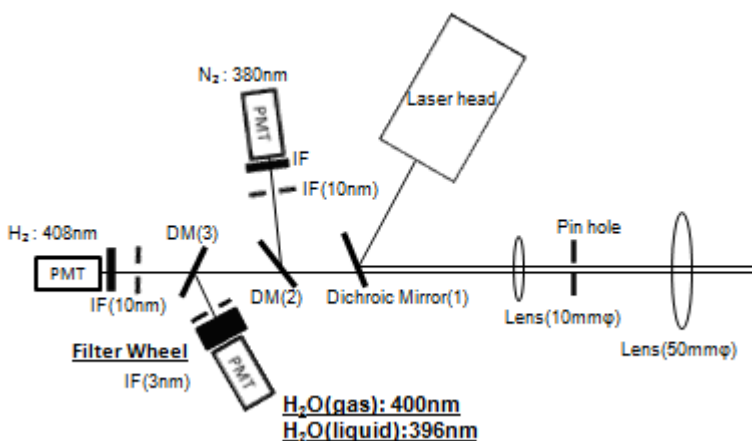


Fig.1 Lidar system.

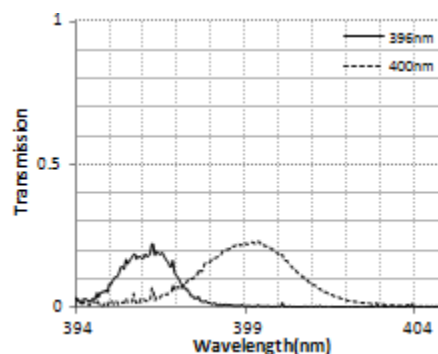


Fig.2 Transmission of Interference filters for 396nm and 400nm.

### 3.計測結果

本ライダーによる各ラマンの計測結果を Fig.3 に示す。(a),(b)はそれぞれ大気中の窒素・水蒸気ラマンの計測結果で、フォトンカウンターで得られた A スコープ波形を距離二乗補正・対数表示したものである。この結果では窒素ラマンは 100m 以上、水蒸気ラマンは 50m までを検知している。水素計測の際には、10cm 角のガスセルを用いている。このガスセルを本ライダーから 7m ほど離して設置し、水素を注入した場合の A スコープ波形と、空気の状態の場合との差分をとることで、水素ラマンだけの信号が得られる。(c)に示す計測結果から水素ラマンが検知できていることが分かる。これまでの計測で水素濃度 1%の定量検出を実現している。(d)は 396nm,400nm の各波長における水の測定結果である。水素計測と同様の方法で行い、水を Tempax(ホウケイ酸ガラス)製セルに入れた場合と入れない場合との差分の結果である。グラフから水のラマン波長である 396nm でラマン光が受光できている事が分かるが、水蒸気ラマンの 400nm でも受光している。これは水のラマンスペクトルが広いためである[2]-[3]。そこで、水滴からのラマン信号が水蒸気計測にどの程度影響するかを把握するため、水のラマンスペクトルと干渉フィルタの透過特性から受光強度比を求めたところ、その強度比は 1: 0.91 と水蒸気チャンネルに水ラマンの信号が出力されることを確認した。水蒸気計測の際には求めた水ラマンの強度比を考慮する必要がある。

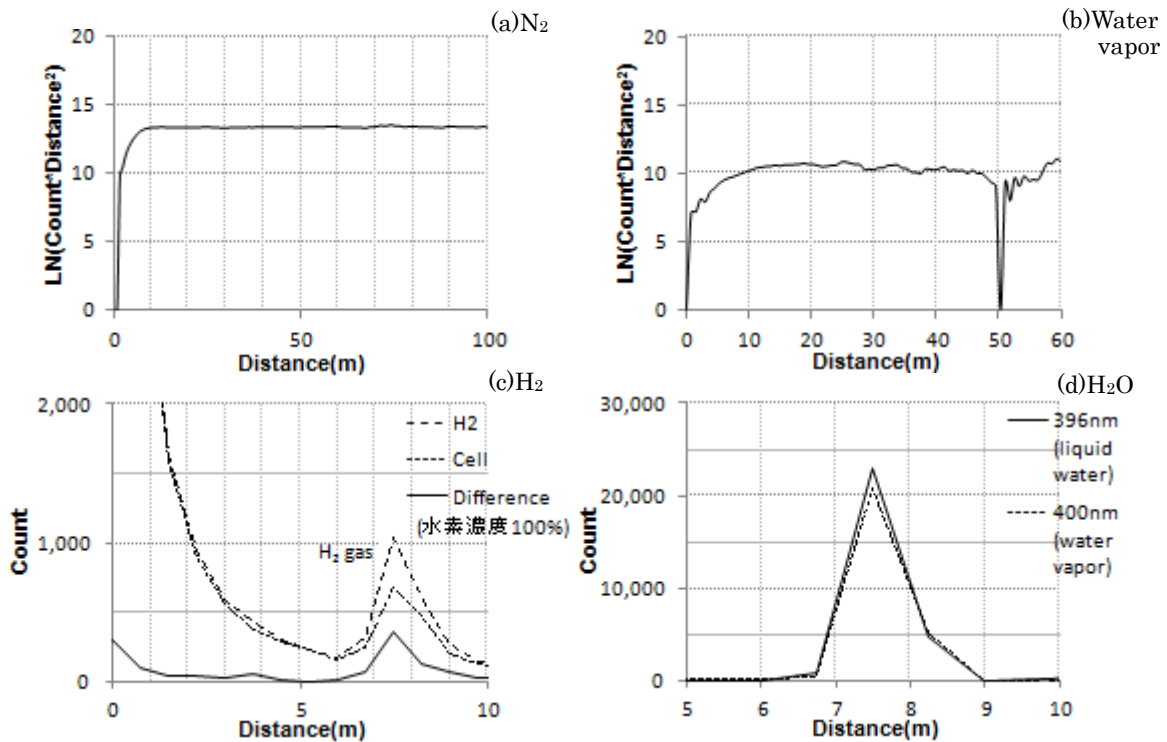


Fig.3 Lidar measurements (a)N<sub>2</sub>, (b)Water vapor, (c)H<sub>2</sub>, (d)H<sub>2</sub>O(liquid water) about 396nm and 400nm.

### 4.まとめ

本研究では局所大気環境計測を目的として開発した小型ラマンライダーを用いて窒素・水・水蒸気・水素の計測を行い、各ラマン光が検知できることを確認した。また水の計測では、本来のラマン波長である 396nm だけでなく水蒸気ラマンの 400nm にも受光されるために、その強度比を確認した。現在放射線影響下における大気計測を行っており、放射線の影響を受けると考えられる水分子のイオン化による大気組成の変化、水素の生成といった現象の把握とその可視化を試みている。

### 5.参考文献

- 1) 千明倫之, 椎名達雄「近距離大気状況観察のための小型ラマンライダーの開発」, 第61 回応用物理学会, 予稿集, 17p-D1-8, 2014.
- 2) S. Harvey Melfi, Keith D. Evans, Jing Li, David Whiteman, Richard Ferrare, and Geary Schwemmer: "Observation of Raman scattering by cloud droplets in the atmosphere", Appl.Opt, 36(15), pp3551-3559, 1997.
- 3) 富永靖徳 「水のラマン散乱と水素結合によるクラスター」, 日本結晶学会誌40, p95-100, 1998.