

B1

OPO と Ti:sapphire レーザによる 水蒸気 DIAL 実験

Water Vapor DIAL Measurement using a OPO and Ti:sapphire laser

永井智広, 内野 修¹

Tomohiro Nagai, Osamu Uchino¹

気象研究所, ¹ 気象庁

Meteorological Research Institute, ¹ Japan Meteorological Agency

Abstract : Water vapor DIAL (Differential Absorption Lidar) experiment was executed using a OPO (Optical Parametric Oscillator) and Ti:sapphire lasers. The OPO used for the master oscillator for absorbed wavelength was aligned to oscillate in single longitudinal mode oscillation and get the narrow bandwidth to measure water vapor. Photo-acoustic cell (PA Cell) and pulsed wave meter absolutely calibrated by optogalvano meter are used to tune the wavelength on the water vapor absorption line. The results shows the possibility to measure the water vapor concentration up to 6 km altitude.

1. はじめに

大気中の水は、その環境によって水蒸気、雲、雨などに姿を変え、大気の循環やエネルギー輸送などに大きな役割を担っている。とりわけ地球温暖化問題に対しては、水蒸気や雲などの性質、量、分布などを正しく把握し、どのような働きをするかを評価しモデルなどに取り込むことが求められている。このような課題に対し、ライダーは、パッシブのセンサでは不可能な高分解能での水蒸気の観測が可能であり、その実用化が求められている。

ライダーを用いて大気中の水蒸気の測定を行うには2つの方法が考えられている。一つは差分吸収法 (Differential Absorption Lidar : DIAL) であり、もうひとつはラマン散乱を利用した方法である。後者は技術的には比較的容易であるが、散乱断面積の小さいラマン散乱を受光するため、背景光のある昼間の観測は不可能であり、また、装置は比較的大型のものを必要とする。これに対し、後者の DIAL 法は、昼間の観測が可能であり、装置も小型にできる可能性を持っている。気象研究所では宇宙開発事業団などと共同して将来の衛星搭載型の水蒸気観測用のライダーのための研究開発を行っているが、衛星搭載には小型・軽量化が要求されるため、DIAL システムを選定し、現在、そのレーザ部分の開発を行っている。ここでは、このような特徴を持つ DIAL 法を用いた水蒸気のリダー観測について、発振部に OPO (Optical Parametric Oscillator) を持つ狭帯域のレーザを用いた実験を行ったので報告する。

2. 装置

Figure 1 に装置のブロック図を示す。この実験では、水蒸気の吸収波長用レーザとして、KTP 結晶を用いた OPO をオシレータとし、これに Ti:sapphire 結晶を使用したアンプで 2 段増幅したものを使用している。励起には、インジェクションシーディングされた Nd:YAG レーザの第 2 高調波、532 nm を使い、約 440 mJ でポンプしている。発振は単一縦モードとなるように調整を行い、水蒸気の DIAL 測定に必要な狭帯域化を行い、波長幅は 500 MHz 以下である。出力は、実験観測を行った 724 nm 付近の波長で 40 mJ 程度を得ている。非吸収帯波長用には、Ti:sapphire 結晶を使用した 3 段構成のレーザを用いている。吸収帯用のレーザと同様に、Nd:YAG レーザの第 2 高調波を励起用に使用し、出力は約 20 mJ である。Table 1 に使用したレーザの諸元を示す。

水蒸気 DIAL で最も重要となる水蒸気吸収帯への同調は、光音響セル (Photo Acoustic Cell : PA Cell) とウエーブメータを使用した。観測に際しては、オプトガルバノメータで絶対波長を校正したウエーブメータで吸収帯と非吸収帯のレーザ波長を決め、吸収帯レーザについては光音響セルを用いて微調整を行い、また、観測中も波長のモニタに使用した。

3. 観測例

このシステムを用いて観測を行った例を Fig. 2 に示す。この時の観測では、2 波長の時間差を 10 ms 程度にとり、受信部の ND フィルタを 3 通りに変えて各々 1 時間積算したもので、およそ 6 km 程度まで測定出来ていることがわかる。

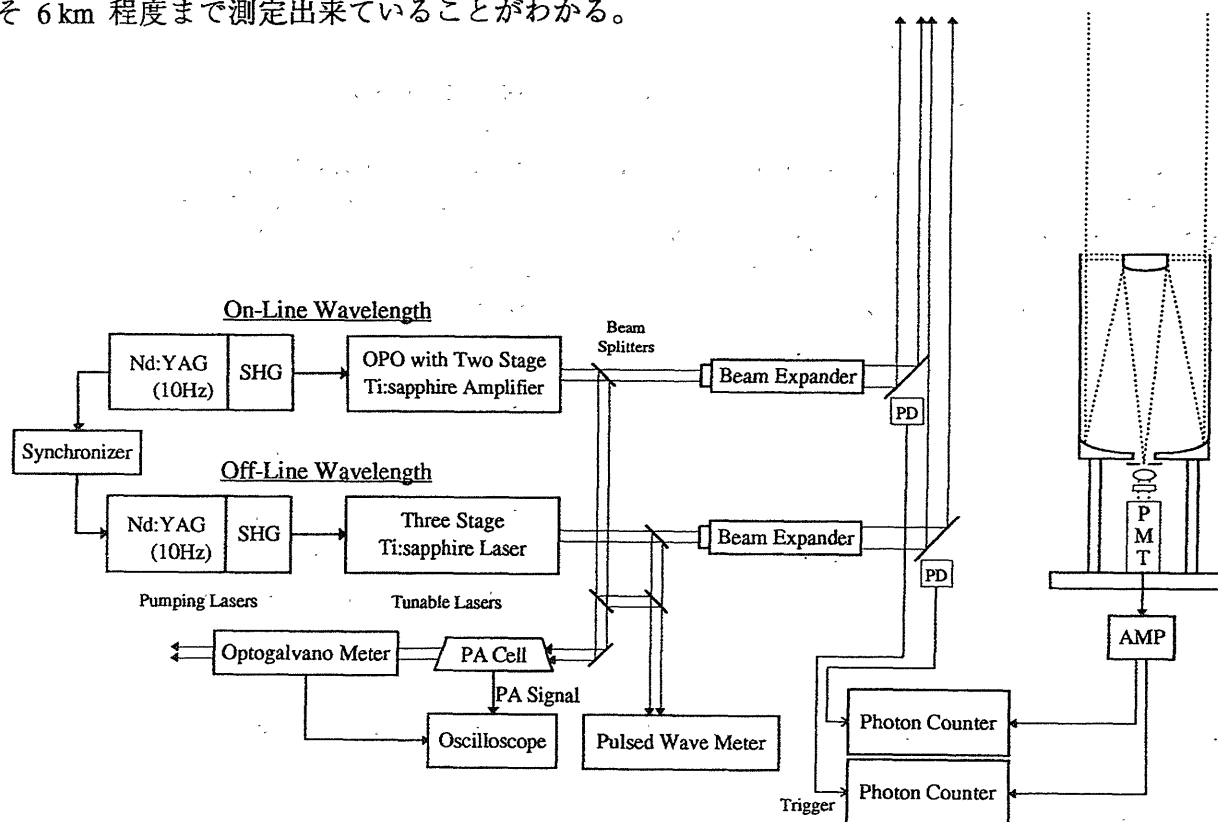


Figure 1 Schematic diagram of the water vapor DIAL experiment.

Table 1 Specifications of water vapor DIAL experiment.

	On-Line	Off-Line
Oscillator	OPO (KTP)	Ti:sapphire
Amplifier	Ti:sapphire × 2	Ti:sapphire × 2
Tuning Range	710-910 nm	700-900 nm
Pulse Energy	40 mJ (at 728 nm) 100 mJ (at 800 nm)	20 mJ (at 728 nm) 40 mJ (at 800 nm)
Band Width	< 500 MHz	< 3 GHz
Pumping Laser	Nd:YAG SHG (Injection Seeded)	Nd:YAG SHG
Pump Energy	440 mJ	300 mJ
Receiver Dia.	35.5 cm	
Band Width	2 nm (FWHM)	
PMT	R1333 (Hamamatsu)	
Signal Proc.	Photon Counting	

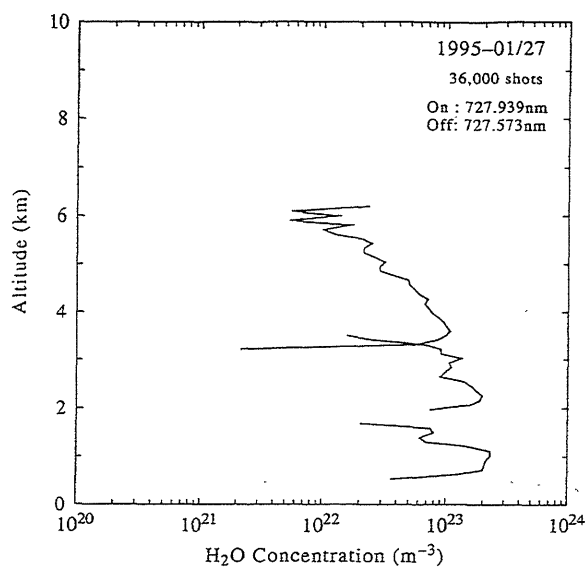


Figure 2 Water vapor concentration measured by the DIAL system.