

赤外ラマンシフターを用いた長光路吸収システムの開発

Development of an Infrared Laser Long-Path Absorption System Using a Raman Shifter

湊 淳、杉本 伸夫、笹野泰弘

Atsushi MINATO, Nobuo SUGIMOTO and Yasuhiro SASANO

環境庁国立環境研究所

The National Institute for Environmental Studies (NIES)

Abstract

An infrared laser long path absorption system for measuring CO₂ has been developed using a dye laser pumped by an Nd:YAG laser and a hydrogen Raman shifter. The accuracy of the measurement system was evaluated by CO₂ absorption experiment using an open path in the laboratory and a long-path cell. The measurement error was estimated at less than 0.5 percent in a 10-minute measurement, indicating that the accuracy was high enough for observing diurnal and seasonal variations in CO₂ concentration.

1 はじめに

近年オゾン層破壊、地球温暖化など、地球的規模の環境保全が世界的な課題となっている。オゾン、フロン、メタンガス、炭酸ガス等の大気微量分子の高精度測定は、これらの問題解明のため必要不可欠な技術である。赤外レーザー長光路吸収法は、これらの目的に合致した有望な高精度測定技術の一つである。(1,2,3,4)

本研究では、赤外ラマンシフターを用いた長光路吸収システムの開発を行った。今回は、実験システムの概要と測定実験の結果について報告する。

2. 実験システムの構成

実験システムの構成図を図1に示す。システムは赤外の波長可変レーザー部、リトロリフレクターを含む光学系、光検出器および信号収集処理装置から構成される。

2.1 レーザー部

レーザー光源は、二酸化炭素の濃度測定を目的としたので、YAGレーザー励起の色素レーザー(波長750nm)とラマンシフターの2次ストークスの組合せによる2μm帯のレーザー光を用いた。2μm帯のレーザー出力は、約1mJである。レーザーのパルス幅は約10nsである。ラマンセルは赤外のストークス光が高効率で得られるよう導波路型とした。色素レーザーの波長幅は0.05cm⁻¹である。色素レーザーの出力波長は、プレッシャーチューニング法によって一度に約4cm⁻¹掃引できる。

2.2 光検出器および信号処理系

光検出器は、送信レーザー出力測定用と、吸収量測定用の2つから構成される。光検出器にはパルスレーザー光を広いダイナミックレンジと高い直線性で検出することを考慮してAu:Ge型を用いた。応答速度は2nsec、2μmでの比検出能力は2×10⁹cmHz^{1/2}/Wである。

検出器からの受信信号を精度良く記録するために、RC積分回路を通して10μsecのパルス信号に変換してから、トランジェントレコーダーに記録している。トランジェントレコーダーのサンプリングタイムは100nsである。1パルスあたり150ワードのデータとして記録される。記録された信号のパルス成分を積分することによって入射光量の相対値が求められる。吸収量測定用検出器の入射光量をレーザー出力補正用検出器の入射光量で割ることによってレーザー光エネルギー強度の揺らぎの影響を除くことができる。

3 二酸化炭素の測定実験と測定誤差の評価

光路長の短い室内光路の実験では、強度の大きい20012-00001バンドR(16)吸収線を用いて二酸化炭素濃度測定を行なった。長光路吸収セルを用いて測定した二酸化炭素の大気の透過スペクトルを図2に示す。セルの光路長は、60mである。図中の各データ点はそれぞれ10パルス(1秒)のデータの平均値である。図2に示した波長領域全体を掃引するためには15分の測定時間を要した。観測された吸収線はそれぞれ図中に示したように、二酸化炭素と水蒸気の吸収線と同定された。濃度測定では図2の全領域を測定する必要はないのでR(16)の近傍のみを繰り返し掃引する。R(16)の吸収線の強度を吸収線パラメータを用いて合成したスペクトルとフィッティングすることによって二酸化炭素濃度を算出した。求められた濃度は330ppmで、妥当な値である。

二酸化炭素濃度測定の精度は生データの標準偏差を用いて評価した。この結果、10分間の濃度測定で測定精度0.5%、すなわち誤差1.5ppmであった。

4. おわりに

現システムで、実験室内の光路の二酸化炭素測定で10分間の測定で測定精度1.5ppmが得られた。現在、システムを屋外観測ができるように改造し、また気象研究所気象観測用鉄塔にリトロリフレクターを設置して、国立環境研-気象研間(光路長往復約1.3km)で野外測定実験を行っている。

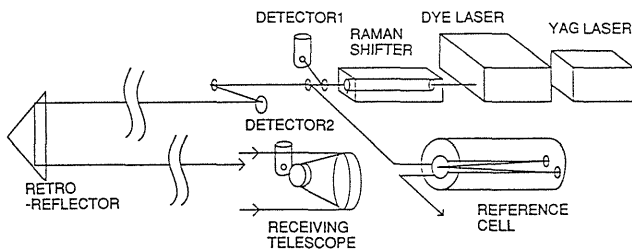


Fig.1 Block diagram of the laser long path absorption experimental system.

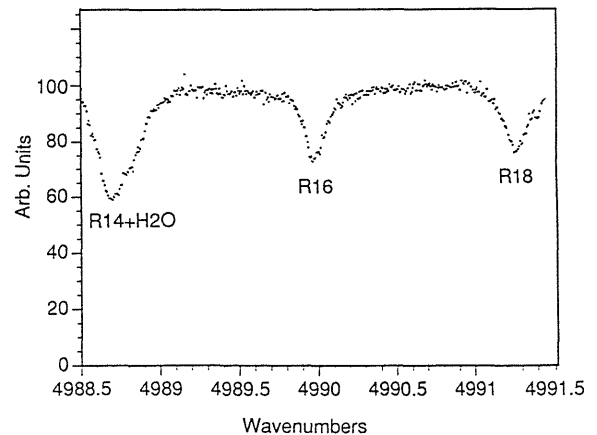


Fig.2 Atmospheric absorption spectrum measured with a long path cell.

5. 参考文献

- 1) E.D.Hinkley(ed): Laser Monitoring of the Atmosphere(Springer-Verlag, Berlin, 1976).
- 2) D.K.Killinger and A.Mooradian(eds):Optical and Laser Remote Sensing (Springer-Verlag, Berlin 1983).
- 3) N.Sugimoto: Applied Optics, 26 (1987) 763.
- 4) 杉本伸夫:日本リモートセンシング学会誌.7 (1987) 113.