

温室効果ガス計測のための差分吸収ライダーの開発③

Development of Coherent Differential absorption lidar for greenhouse gas measurement III

石井昌憲, 水谷耕平, 福岡大岳*, 石川隆祥**, Philippe Baron, 岩井宏徳,

小山瑞樹***, 青木哲郎, 板部敏和, 佐藤 篤****, 浅井和弘****

S. Ishii, K. Mizutani, H. Fukuoka*, T. Ishikawa**, P. Baron, H. Iwai,

M. Koyama***, T. Aoki, T. Itabe, A. Sato****, and K. Asai****

情報通信研究機構, *浜松フォトンクス, **日本アレフ, ***首都大学東京, ****東北工業大学

NICT, *Hamamatsu Photonics K.K., **Nippon Aleph Co., ***Tokyo Metropolitan University,

****Tohoku Institute of Technology

Abstract

National Institute of Information and Communications Technology (NICT) has developed a coherent 2- μm differential absorption and wind lidar (Co2DiaWiL). At the last conference, we presented the outline of the coherent differential absorption lidar with 2-axis scanning system. The Co2DiaWiL emitted laser pulse at on-line wavelength of 2050.967nm and off-line wavelength of 2051.250 nm. The on-line wavelength of 2050.967nm is center of the R30 absorption line of CO₂. Power of on-line backscattered signal depends on the strength of the R30 absorption line and it determines the maximum detectable range. It needs to diminish the absorption due to CO₂ to improve the detectable range. We decided to build the offset-locking function into Co2DiaWiL. In this paper, we will describe the improved Co2DiaWiL and present experimental results.

1. はじめに

情報通信研究機構(東京小金井市)は、温室効果ガスの一つである CO₂ 濃度を計測するために、目に安全な 2 μm レーザを用いたコヒーレント差分吸収ライダーの開発を行っている。前回の本シンポジウムでは、観測実験の結果と 2 軸走査方式の概要について報告をした。これまで開発してきた差分吸収ライダーは、CO₂ が吸収する On 波長を CO₂ の吸収線 R30 の中心に設定してきた。On 波長を吸収線の中心に設定すると、CO₂ の吸収により測定可能距離が限定される。そこで我々は、測定可能距離を延ばすために、これまで設定していた On 波長を R30 の中心からやや長波長側にシフトさせ、CO₂ による吸収を軽減させることとした。本発表では、On 波長を周波数安定度 ± 1 MHz 以下で、任意の波長にシフトさせることが可能なオフセットロック機能を追加したコヒーレント差分吸収ライダーについて報告を行う。

2. 波長制御とオフセットロック

Figure 1 にオフセットロック機能部の概略図を示す。オフセットロックを行うために、Lockeed Martin Coherent Technology 社製の固体レーザを 2 台用いる。1 台目の固体レーザ(λ_{Center} レーザ)は CO₂ の吸収線 R30 の中心に波長を固定するために用い、2 台目の固体レーザは 1 台目の固体レーザに対し波長をずらし(オフセットロック)、注入同期用レーザ(λ_{On} シードレーザ)として用いる。これまで λ_{Center} レーザの周波数を直接変調することによって、R30 の中心に波長を固定していた。しかし、直接変調による方法では、微小周波数ディザが必要であり、その大きさは ± 3.6 MHz 程度となっていた。そのため、目標とする λ_{On} シードレーザの周波数安定度 ± 1 MHz 以下を達成することは難しい。 λ_{Center} レーザの周波数安定度を改善するために、位相変調器を用いる外部位相変調方式を用いた。外部位相変調方式と λ_{Center} レーザ用ピエゾ素子の PID 制御によって周波数安定度 160KHz 程度を達成した。次に 2 台目の λ_{On} シードレーザの波長制御について述べる。 λ_{On} シードレーザは、 λ_{Center} レーザと λ_{On} シードレーザを混合し光検知器でビート周波数を測定する、測定したビート周波数が指定した周波数となるように λ_{On} シードレーザの共振器長を PLL (Phase Locked Loop) 制御する。Figure 2 にオフセットロック機能を用いた際の λ_{On} シードレーザの波長可変範囲、CO₂ の透過率を示す。 λ_{On} シードレーザの波長可変範囲は 35pm (周波数では 2.5GHz に相当) から 90pm (周波数では 6.5GHz に相当) である。気圧 1atm、気温 296K、気柱 1km という条件下での吸収線 R30 の中心とした場合の透過率が 0.51 であるのに対し、前述の波長範囲では透過率が 0.76 から 0.94 となることから、測定可能距離が約 2 倍程度伸びるこ

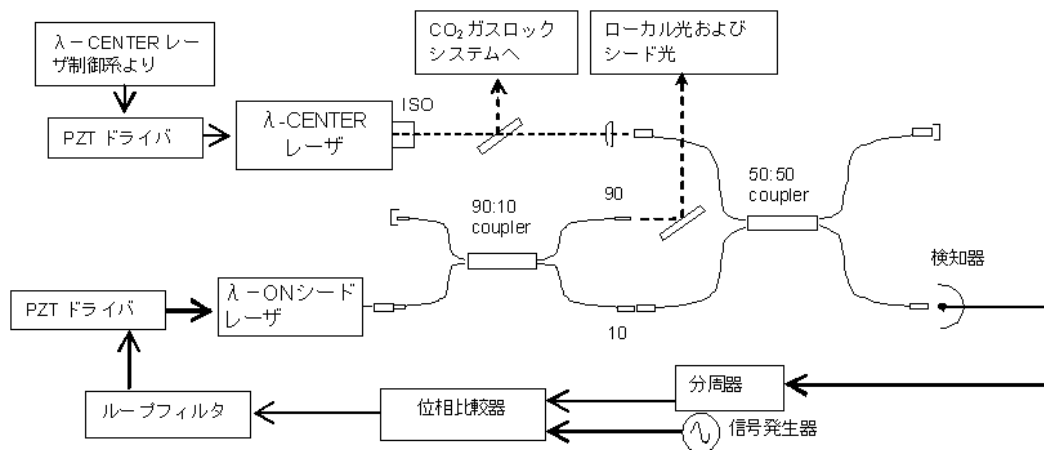


Fig.1 Block diagram of offset-locking function for Co2DiaWiL.

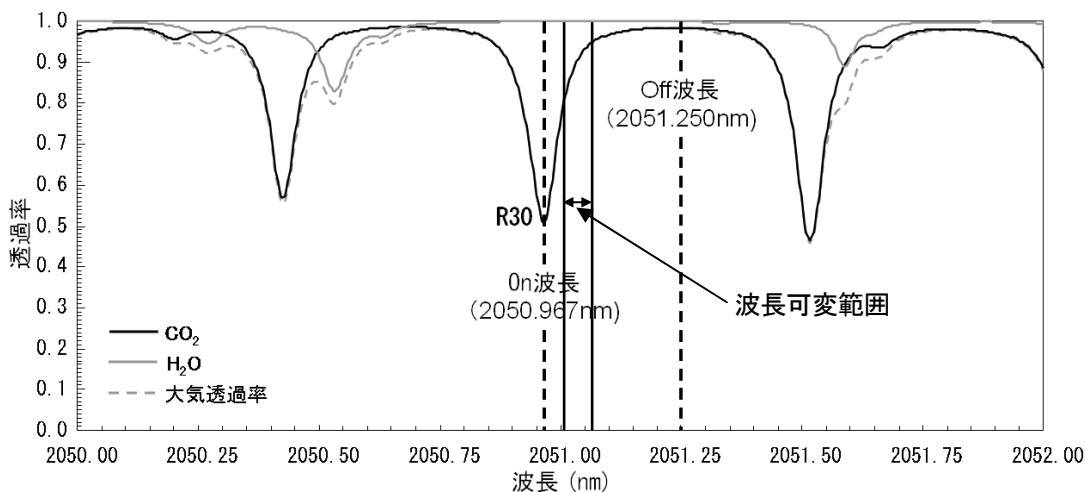


Fig. 2 Variable range of on-line wavelength with offset-locking function. Transmittance of (black line) CO₂, (gray line) H₂O, and (dotted line) atmosphere over optical path of 1km at 1 atm and 296K.

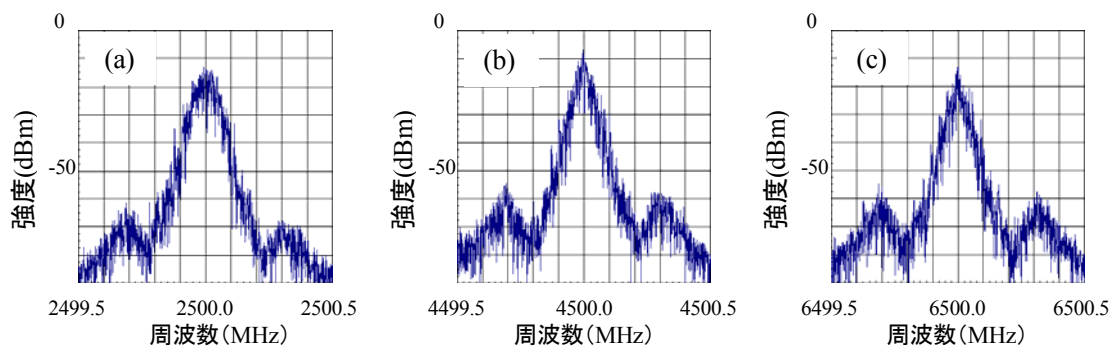


Fig. 3 Sample power spectrum of the offset-locked on-line wavelength: (a) 2.5GHz, (b) 4.5GHz and (c) 6.5GHz.

とが期待される。Figure 3は光検知器から出力されたビート信号をスペクトルアナライザーで計測した結果例である。いずれの場合もレーザーの発振周波数は $\pm 100\text{kHz}$ 程度の周波数安定度を達成しており、目標の周波数安定度 $\pm 1\text{MHz}$ と比べ、十分に小さい安定度が得られたことが確認された。

3. まとめ

これまで、On波長をCO₂の吸収線R30の中心に設定していたため、測定可能距離は2.5-3kmであった。測定可能範囲をさらに延ばすために、Co2DiaWiLにオフセットロック機能を追加した。オフセットロック機能部によって、波長は最大90pmの範囲まで設定する事が可能となった。波長安定度は $\pm 100\text{kHz}$ 程度であることから、目標とする λ_{on} シードレーザーの周波数安定度 $\pm 1\text{MHz}$ 以下を達成できた事が解った。今後は、改良をしたCo2DiaWiLによる地上実験を進め、測定範囲や測定精度等の評価を行っていく予定である。