

# 広帯域赤外 OPO を用いた実森林における大気中 CO<sub>2</sub> の濃度計測

## Measurement of CO<sub>2</sub> concentration in the forest atmosphere using a broadband infrared OPO

<sup>1</sup>伊澤 淳、<sup>1</sup>倉田 孝男、<sup>2</sup>馬場 隼也、<sup>2</sup>間野 正美、<sup>2</sup>犬伏 和之

J. Izawa, T. Kurata, J. Baba, M. Mano, and K. Inubushi

<sup>1</sup>(株)IHI、<sup>2</sup>千葉大学大学院園芸学研究科

<sup>1</sup>IHI Corporation, <sup>2</sup>Graduate School of Horticulture, Chiba University

### Abstract :

We have continuously measured CO<sub>2</sub> concentration in the forest atmosphere by differential absorption method using an OPO. Our method is based on the broadband OPO, and realizes a simple device configuration for the measurement that does not require wavelength narrowing or precise wavelength control. Devices are installed into a van, and confirmed the continuous operation in the daytime during one week at the outdoor environment. The results for the stability of the measured concentration were obtained to  $\sigma$  0.2 ~ 4.85ppm by the conventional measurement method and  $\sigma$  24 ~ 92 ppm by our method. By comparing the results between the conventional measurement method and our method, it was revealed that stability by the deterioration disturbance factor such as environmental condition is remarkable in our method.

### 1. はじめに

木材資源の持続的な供給維持の観点から、皆伐、間伐、枝落とし等の作業が森林とその土壌へ与える影響を評価するための土壌からの微量の温暖化ガス発生量の計測において、従来の測定法では困難な森林内広域の分布についてレーザによる遠隔計測手法の有効性が期待できる<sup>1)</sup>。我々が提案した差分吸収計測に基づく簡便な装置による大気中 CO<sub>2</sub> 濃度の広域計測手法<sup>2)</sup>を用いて、森林内における大気中 CO<sub>2</sub> 濃度の広域計測への適用性の評価を目的として 2015 年度に君津の実森林環境における連続計測試験を実施し、同時計測した従来の計測手法との結果比較を行ったので報告する。

### 2. 実験概要

光源は Nd:YAG SHG 励起 OPO により波長 2  $\mu$  m 帯の近赤外光(エネルギー 1mJ、パルス幅約 10ns)を発生させ、OPO 内の波長変換結晶の角度制御により ON/OFF 波長の切り替えを行っている<sup>2)</sup>。気体成分の差分吸収計測は通常、吸収スペクトルの微細構造線幅程度以下(10pm 程度)に狭帯域化した光を同等の精度で波長切り替えて計測するが、本手法では波長線幅数 nm 程度の光により吸収スペクトルのブランチ単位での ON/OFF 計測を行う。狭帯域化や高精度な波長切り替えを行う必要がないため、感度は劣るものの簡易的な装置構成が実現できる<sup>3)</sup>。発生した近赤外光は光ファイバで送受信ヘッドに伝送してレンズによりコリメートし、屋外に照射してハードターゲットからの散乱光を送受信ヘッド内の凹面鏡により集光して光検知器で受光する。受光した ON/OFF 波長の信号強度比と、散乱光が戻ってくるまでの時間差から算出した反射ターゲットまでの距離を用いて平均濃度を計算する。近赤外光の一部を出力参照光として分岐し、上記光検出器に入射している。出力参照光と計測信号は、光路差による時間差で分離されている。同一計測器かつ同一計測シーケンス(同一計測波形)内で両者の信号を計測することにより、計測機器あるいは計測タイミングによる信号応答特性の揺らぎを排除している。

近赤外光の照射方向は、同時計測を行った従来の手法(クローズドチャンバー式、赤外線式)の測定場所付近を通過するように設定した。近赤外光は距離約 70m の立木により散乱させた。図 1 に試験状

況概要を示す。装置は大型バンで運用した。バン内に電源ラックを搭載し、後部リアハッチ付近に送受信ヘッドを設置した。日中計測し、夜間は送受信ヘッドをバン内に収納した。計測は夏季（8/31～9/4）および秋季（10/26～30）の2度実施した。断続的に延べ約27時間の連続計測データを取得している。

### 3. 実験結果

図2に典型的な連続計測結果を示す。連続計測結果には、レーザによる計測のほか、赤外線式計測によるピンポイント計測の結果を併せて示している。レーザ式では1点あたりの計測時間約40～60秒のデータの13データ移動平均をプロットしており、応答時間は約10分である。赤外線式計測は0.1秒ごとの計測データの1分間の平均濃度をプロットしている。縦軸の濃度は、赤外線式計測で計測された絶対濃度を、レーザ式計測の濃度較正に用いている。図2には併せて計測濃度安定性（計測濃度のばらつき）を示している。レーザ式計測では、プロットの時刻±15分（合計30分）の標準偏差 $\sigma$ を示しており、赤外線式では各プロットの計測時間1分内の標準偏差を示している。試験期間を通じた計測濃度安定性では赤外線式では $\pm\sigma$ で0.2～4.85ppmと非常に安定した結果が得られていたが、レーザ式計測では同一範囲内で24～92ppmと計測時間帯（気象条件）によって大きな変動があった。

### 4. まとめ

レーザ式計測法の実森林における広域CO<sub>2</sub>濃度計測への適用性の評価を目的として、君津の実森林環境における連続計測試験を実施した。大型バン内に搭載した運用により、屋外環境での1週間程度の運用と述べ27時間にわたる計測を行い、本手法の原理と実森林環境での機器の動作を確認した。

一方で、レーザ式計測による実森林計測結果は、濃度安定性が良好時と悪化時で $\sigma$ 24～92ppmとばらついていた。赤外線式計測の結果から、実森林における環境変化をとらえるためには10ppm程度以下の濃度安定性が要求されることが明らかとなり、計測濃度安定性の改善が課題となった。



Fig.1 Schematic of experimental setup<sup>1)</sup>

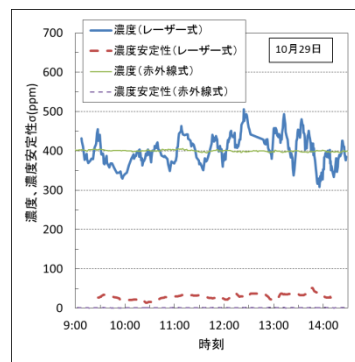


Fig.2 Typical result of CO<sub>2</sub> concentration in the forest atmosphere<sup>1)</sup>

### 謝辞

本研究の一部は、環境省委託業務 CO<sub>2</sub> 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業「バイオマス高比率混焼による石炭焚火力 CO<sub>2</sub> 排出原単位半減に向けた先進的システムの実証」により実施された。

### 参考文献

- 1) 平成27年度環境省委託業務 平成27年度 CO<sub>2</sub> 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業「バイオマス高比率混焼による石炭焚火力 CO<sub>2</sub> 排出原単位半減に向けた先進的システムの実証」成果報告書
- 2) IHI 技報 52巻4号 p50-p55 (2012).