

古賀隆治、和田修己、BOUZIDI Moncef、小坂 恵、佐野博也*

(Ryuji Koga, Osami Wada, Bouzidi Moncef, Megumi Kosaka, Hiroya Sano*)

岡山大学工学部 Faculty of Engineering, Okayama University,

*福山大学工学部 Faculty of Engineering, Fukuyama University.

Synopsis: A project to measure atmospheric methane density over a rice paddle is introduced. A diode-laser absorption spectrometry is employed and an apparatus which is built anew but is based on the system that have been developed by the authors. The PbSnTe diode laser is employed mounted on a temperature controlled LN₂ cryostat, and a 10-100 m long optical beam folded by a large aperture retro-reflector is involved. Absorption spectra of N₂O as well as CH₄ at around $\lambda=7.06\mu\text{m}$ shall be monitored.

1 はじめに 大気中CH₄は300年以前は約0.7ppmであったものがこの100年間に指数関数的に増加しつつあり、現在は年間平均で約1.7ppmに至っている。CH₄の大気温暖化に対する寄与も判明せず、その発生源についても想像の域を出ていない。後者については特に水田からの放出が重要視されていてすでいくつかの実測が行われている。わが国も水稲栽培が盛んであるから、そこからのCH₄の放出量の実時間測定が必要である。

筆者らはかねてより鉛塩半導体レーザーを光源とし、大気の吸収スペクトルを測定するメタン濃度計測法の開発を続けており、その結果を野外計測に応用しようとするのが本計画の大綱である。

2 測定対象についての認識

担水下の土壌中には嫌気性のメタン生成菌が存在し、地中の有機物を還元してメタンを生成するが、酸素の豊富な水面近くではメタン酸化菌が存在しているので通常は水中のメタンが大気中に放出されることは少ない。これが放出されるのは、物理的に擾乱が与えられる時、および稲の様に桿状の植物の茎を通じて放出されるという考え方がある。地中のメタン生成の速度については既に測定法は確立されつつあり、あと大気への放出速度が未知のパラメータである。

水中から大気への放出は、微視的な気象条件により大きく左右されるので空間的に狭い領域での計測は意味がなく、10~100mの光路上の平均値が必要である。測定の時間分解能は10分程度、濃度

の精度は10ppb程度が要求される。

3 計測装置

使用しようとする計測装置の動作原理は、光学系についてはレーザーをCW駆動するシステムで、かねてより大気中メタンガスの高精度計測を行うことを目的に開発してきたもの(内部呼称M9システム)である。電気系は内燃機関の燃焼現象の過渡解析を行う目的で開発し、レーザーをパルス駆動すると時定数10 μs 程度でその発振周波数がチャープすることを利用するシステム(内部呼称M10システム)に基づいている。

光学系は鉛塩半導体レーザー(TDL)、参照ガスセル、およびPV-typeのHgCdTe赤外検出器、モードフィルタおよびコリメート系から成り、1つのベース上に載っている。送受ビームの間隔は $L_D=400\text{mm}$ 、ビーム径は $\phi_B=5\text{mm}$ を予定している。この場合レトロリフレクタとして用いるコーナーキューブ系の寸法がかなり大きく、その精度についての検討に慎重を要する。(Fig. 1)参照ガスセル系はガスセルともうひとつのコーナーキューブシステムから成り、10分間に1回程度の頻度で光路中に挿入して、参照スペクトルの採取、すなわち系の較正を行う。

電気系はレーザー電流駆動部、IRD信号増幅・処理部および制御部に分かれる。レーザー電流は200 μs に一度印加され、逆サグを持つ10 μs 幅のパルス駆動電流と、レーザー接合部温度を微調節するためのDCヒートアップ電流が加わったものである。

(Fig. 2) 受信赤外光信号は約10MHzの帯域を持つが、これをPCタイプのHgCdTe検出器で受ける。これをダイナミックレンジを確保するために2階差分回路を通したうえでAD変換し、1スペクトル分のデータがスタティックRAMに蓄えられる。このデータセットをDSPにより演算処理して200 μ sのシステム周期ごとにCH₄濃度を算出する。その際、筆者らの開発した随伴スペクトルアルゴリズムを用いる。そこで必要な参照スペクトル情報は10分間に1度程度参照ガスセル系を光路中に挿入することによって得る。この間の各種の制御及びデータの記録はパーソナルコンピュータにより行う。(Fig. 3)

4 チャープパルスを用いた動揺大気の観測

Fig. 4は実験室内に30mの光路を設け、そ

の上での吸収スペクトルを測定したものである。光路下1mに1kWの電気ストーブを置き、意図的に揺らぎを起こした。ストーブに通電しているとき明らかにスペクトルに揺らぎが見られるが、これをデータ処理した後のCH₄濃度値の揺らぎは17ppm \cdot m前後で、通電していないときとの変化は認められなかった。誤差解析の結果、その内容の大部分は電子システムの内部雑音であり、最終的にはこの1/10以下に抑圧できることが判明している。

5 まとめ

現在進行中の水田におけるメタンガス計測について準備状況を報告した。残る2年間で関係専門家の協力も得て水田からのメタンガス放出速度に関するデータを得る予定である。

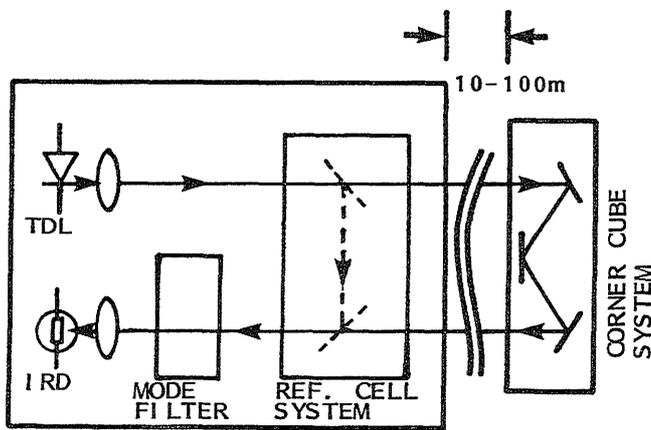


Fig. 1 Schematic of the optical system.

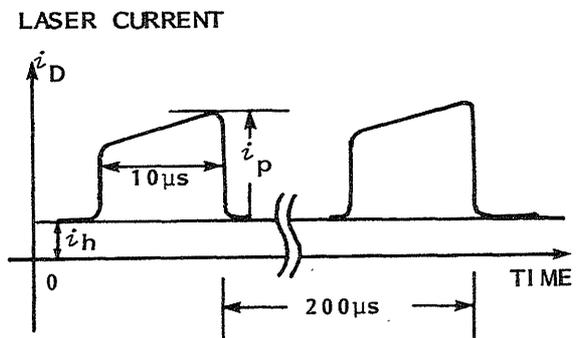


Fig. 2 Laser-current profile.

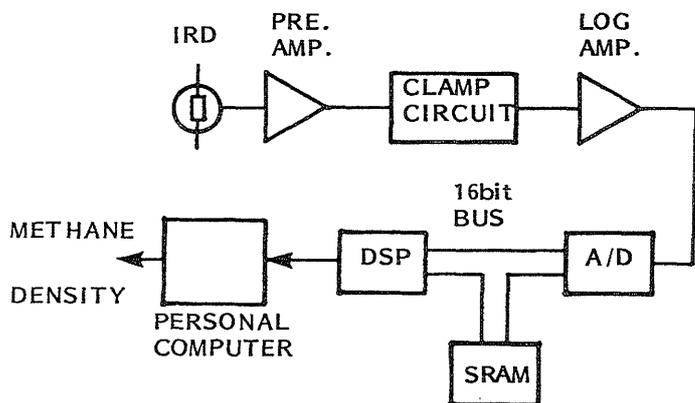


Fig. 3 The system for electric signal processing.

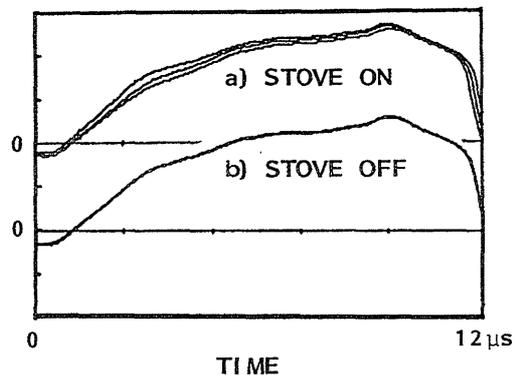


Fig. 4 Traces of received absorption signals with an electric stove beneath the optical path on and off.