

卒業論文要旨

超小型近赤外レーザーメタン検知器を用いた 大気中メタン分子濃度測定システムの性能評価

1140235 芝崎俊哉

Toshiya Shibasaki

Performance evaluation of a system for measuring atmospheric methane concentration using a mini near-infrared laser methane detector

〔はじめに〕メタンは二酸化炭素について重要な温室効果ガスであり、近年のメタン発生源の多様化により、発生源及び発生量を把握するために、リアルタイム測定を費用対効果の高い方法で行う必要性が増大している。メタン分子は近赤外域に倍音の吸収帯をもつため、水蒸気や二酸化炭素等の吸収がない単一の振動回転線のピークに同調させた近赤外域レーザー光のメタンによる吸収を用いて、高感度の測定が可能である。実際には、光通信に用いる半導体レーザー光をメタン分子の吸収線（1.6537 μm ）の中心で波長変調して発信し、反射体から戻ってきたレーザー光から、変調周波数の2倍の周波数成分の信号を検出する波長変調分光法（WMS）を用いる（図1）。2013年2月にガス漏れ検知用に商品化された超小型近赤外レーザーメタン検知器、レーザーメタン mini-G（写真1）は、小型・軽量（530g）のため、装置への組み込みを含めて様々なメタン測定装置に活用するポテンシャルがある。そこで、2004年2月に商品化された携帯型近赤外レーザーメタン検知器（重量1.3kg）と比較しつつ、測定精度の評価を行った。

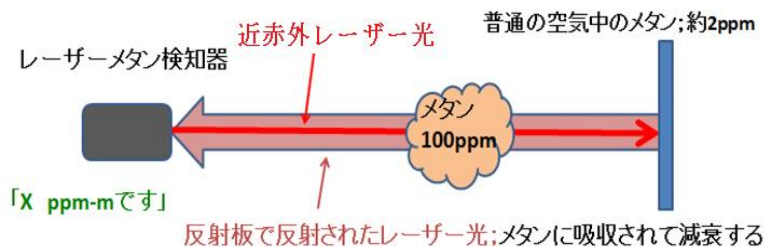


図1 測定原理



写真1

超小型メタン検知器

【実験・結果】超小型メタン検知器は、用途によって想定される反射体や光路長（片道光路長）が異なるため、次の3種類の条件で本メタン検知器の性能評価を行った。

- ① 片道光路長 1.78m、低指向性再帰性反射板（トラックシート）；メタン発生量測定用チャンバーへの組み込みを想定、
- ② 片道光路長 30m、再帰性反射板（リフレクトシート）；施設内部、平面鏡や多重反射鏡を用いた折り返し装置での使用を想定、
- ③ 200m、リトロリフレクター；バックグラウンド濃度からの変動の測定を想定。

結果を表1に示す。全体として、想定される用途に対して、本メタン検知器は十分な測定精度を持っていると言える。レーザーのようなコヒーレント（可干渉性）な光を用いた測定では、スペックル

やエタロンフリンジのような光路雑音が問題になるが、どのケースについても振動モーターによる反射体の振動によって雑音が小さくなったことから、振動によるスペckルパターンの平均化や光路長の平均化によるエタロンフリンジの平均化がなされたことが想定される。特に、②のケースで光路長光路雑音が低減するために反射体を振動させた場合、光路雑音が低減されること、③のケースでは、携帯型レーザーメタン検知器に比べて、雑音が数倍になることが明らかになった（表1）。

反射体 振動	① 低指向性再帰性反射板 (1.78m)	② 再帰性反射板 (30m)	③ コーナーキューブ (200m)
振動 OFF	1.9ppm·m	2.1ppm·m	9.8ppm·m
振動 ON	1.1ppm·m	0.7ppm·m	7.6ppm·m

表1 振動 ON・OFF それぞれの場合の標準偏差、()内は片道光路長

また、光路長 1.78m の短光路実験では、バックグラウンド大気の大気メタン濃度（約 2ppm）に対する相対誤差は数 10%に達するが、メタンの発生量を測定するチャンバー等の用途では、メタン濃度が高くなるため、十分に小さい相対誤差が得られると考えられる。このことを確認するために、メタン標準ガスをチャンバーに導入して高濃度のメタン環境下での測定を行った。平滑化スプライン法を用いて、トレンド成分からの残差の標準偏差を求めると 1.1ppm·m となり、濃度に依存しないことが明らか

かになった。従って、高濃度の条件では、相対誤差 1%以下の測定が可能であると言える（図 2、3 参照）。

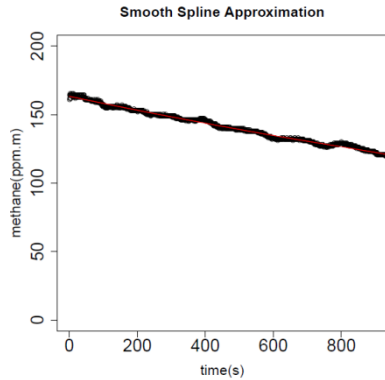


図 2 高濃度メタン条件下における測定結果

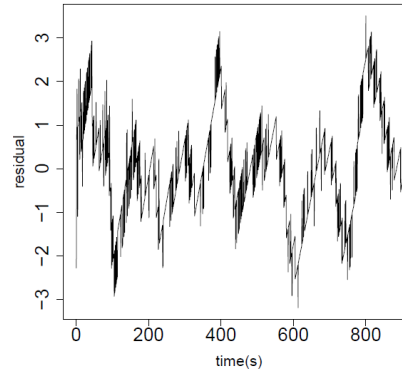


図 3 残差 標準偏差：1.1ppm·m

【まとめ】本研究で性能評価した超小型メタン検知器は、想定される様々な用途のメタン測定において必要な精度を持っていることを確認することができた。また、反射体を振動させることによって光路雑音を低減させることができた。片道光路長 200m では更に雑音を低減する必要性のあることが明らかになった。