

気道内局所的 CO₂ 濃度計測のための赤外光ファイバプローブの基礎検討 Infrared optical fiber probe for localized CO₂ measurement in respiratory tract

東北大工¹, 東北大医工² ○柴山 享佑¹, 飯田 猛², 片桐 崇史¹, 松浦 祐司²

Tohoku University, School of Engineering¹, Graduate School of Biomedical Engineering²

○Kiyosuke Shibayama¹, Takeru Iida², Takashi Katagiri², Yuji Matsuura²

E-mail: kiyosuke.shibayama.p2@dc.tohoku.ac.jp

1. はじめに

局所的な肺機能を評価する手法としてはX線CTなどが主に用いられるが、被爆の問題が生じてしまう。そこで本研究では気道内に細径な光ファイバプローブを挿入し、赤外光吸収測定によりプローブ先端部におけるCO₂ガスの局所的なリアルタイム濃度計測を可能とする測定システムを提案し、プローブの実現に向け、その感度特性について検討を行った結果について報告する。

2. 気道内ガス計測システム・ガスセルの設計と製作

図1に提案する気道内ガス計測システムの構成を示す。ファイバプローブ先端には気道内のガスを取り入れる微小穴が設けられたガスセルが装着されている。ファイバにより伝送された赤外光はセル先端のミラーで反射され、セル内のガスによる吸収を検出し、同一のファイバにより体外に配置されたディテクタにより濃度計測が行われる。光ファイバとしては、中赤外を低損失に伝送可能であり、生体内で容易に挿入可能な中空光ファイバを選択した。

製作したガスセルの構造を図2に示す。用いたファイバは内径0.7mm、外径0.85mmであり、その先端はポリ塩化ビニリデン製フィルムを熱圧着することで封止した。そこにガス流入用のスリットを設けたステンレスパイプ(外径1.2mm、長さ6mm)を装着し、パイプ先端には微小ミラーを取り付けた。なおファイバ先端とミラーとの間隔は1mmとしたため、ガスセルとして機能する光路長は2mmとなる。

3. 呼気濃度測定結果

製作した微小ガスセルを用いて構築した実験系を図3に示す。光源としてはパルス量子カスケードレーザ(浜松ホトニクス、波長4.23μm、ピークパワー100mW)を用い、プローブ先端をサンプルガスで満たしたプラスチックバッグ内に挿入した。検出にはレーザのパルス周期と同期したロックインアンプを用いている。

サンプルバックに呼気を導入した状態で呼吸を行った際のCO₂濃度変化を図4に示す。なお、予め濃度が既知のCO₂ガスを用いて作成した検量線により求めたCO₂濃度を示している。時刻60secから10sec間隔で60秒間呼吸を行った。呼吸時のCO₂濃度変化をリアルタイムで測定できていることが確認できる。また、図中には運動後の呼吸についての結果もあわせて示したが、安静時よりも呼気中のCO₂濃度が高くなることや、呼吸の乱れをリアルタイムで観測できることを確認した。

今後はより細径なプローブの製作を行い、動物実験によりその有効性を実証する予定である。

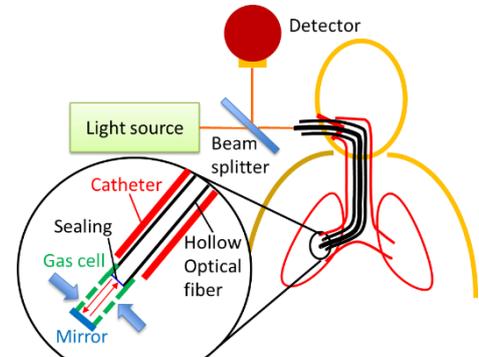


図1 気道内ガス計測システム

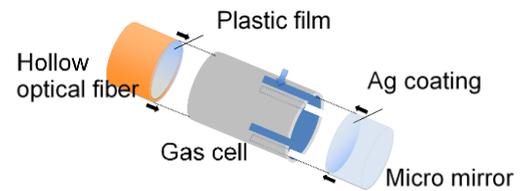


図2 ガスセルの構造

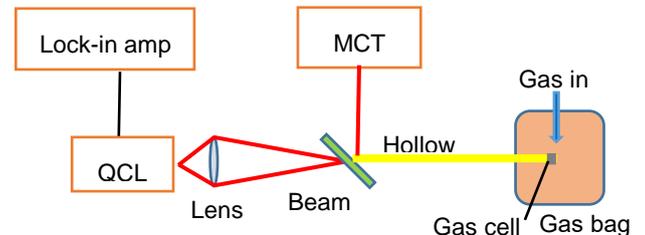


図3 微小ガスセルを用いたガス測定系

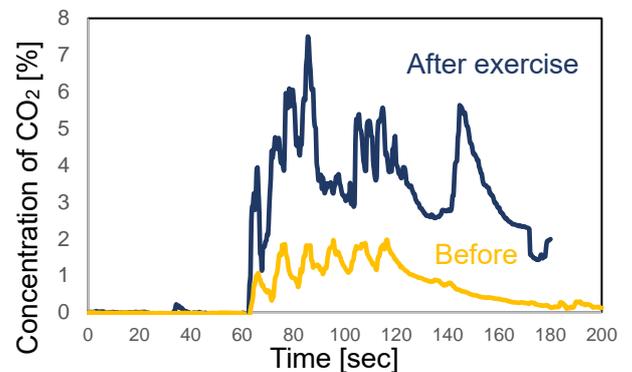


図4 呼気中のCO₂濃度の時間変化