

量子カスケードレーザと中空光ファイバガスセルを用いた呼気分析システム

Breath analysis system using quantum cascade laser and hollow-fiber gas cell

東北大学大学院 医工学研究科 ○鈴木 響, 木野 彩子, 松浦 祐司

Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University, ○Hibiki Suzuki, Saiko Kino, Yuji Matsuura

E-mail: xapel3320@ecei.tohoku.ac.jp

1. はじめに

我々のグループでは、呼気中の微量成分分析を目的として中空光ファイバ型ガスセルと量子カスケードレーザ(QCL)の組み合わせで構成される赤外分光システムを提案した。本システムは中空導波路による微小容量・長光路ガスセルと QCL による高強度・狭線幅光源により高感度測定が可能であり、一酸化窒素(NO)ガスに対して、ppm オーダまでの定量分析が可能であることを示した^[1]。本研究では呼気中 NO ガスの分析を目標として、QCL を利用した測定系における検討を行った。

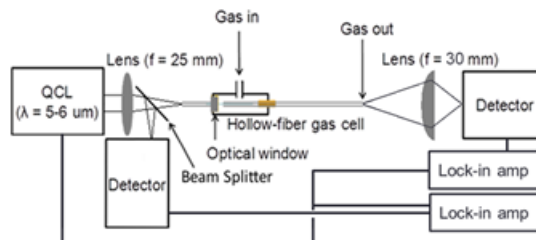


Fig.1. System of measurement

2. ガス分析システムによる NO ガス分析

喘息の指標となる NO ガスをサンプル、赤外域に吸収をもたない N₂ ガスをバックグラウンドとして、Fig.1 に構成を示すシステムを用いて測定を行った。測定に用いた光源は素子温度の変化により $-0.125 \text{ cm}^{-1}/^{\circ}\text{C}$ で発振波数の掃引が可能で、NO ガスの吸収が強く確認できた 1903.03 cm^{-1} (波長 $5.23 \mu\text{m}$) で発振させた。

0~1 ppm の範囲でサンプルガスを濃度変化させた際の吸収強度の変化を Fig.2 に示す。サブ ppm の測定範囲において線形性を示す結果を確認できた。本システムにより測定可能な下限値は 0.1 ppm 程度と考えられる。

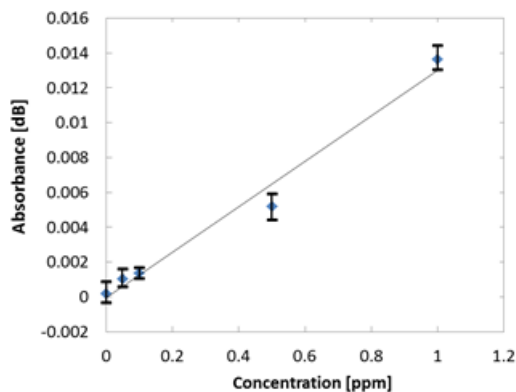


Fig.2. Analytical curve of NO

3. ガス分析システムによる呼気分析の検討

呼気分析の準備として、NO ガスの吸収ピーク近傍のスペクトルと呼気測定時にバックグラウンドノイズとなる空気のスpectrumを同範囲で測定した。NO ガス(濃度 10 ppm)と空気(気温 24.2°C , 湿度 48.5 %)の吸収スペクトルを Fig.3 に示す。なお、ファイバは 1 m であり、波長掃引は QCL の温度を 1°C 間隔で変化させることにより行った。NO ガスの吸収ピーク 1903 cm^{-1} 付近では空気中には特に障害となる吸収ピークが存在しないことが確認できた。Fig.3 (a)から、喘息疾患の閾値となる代表的な呼気中 NO ガス濃度 25 ppb におけるファイバ長 1 m あたりの吸収は $1.2 \times 10^{-4} \text{ dB}$ 程度になることが見込まれる。Fig.3 (b)における 1903 cm^{-1} 付近の測定誤差が $7 \times 10^{-4} \text{ dB}$ 程度であるため、呼気中 NO の検出には現在の 6 倍程度の吸収損失が必要であると考えられる。今後はループ系ファイバを用いたファイバの長尺化とより高出力な赤外光源を用いた測定系を構成することにより、呼気中微量成分の検出を試みる。

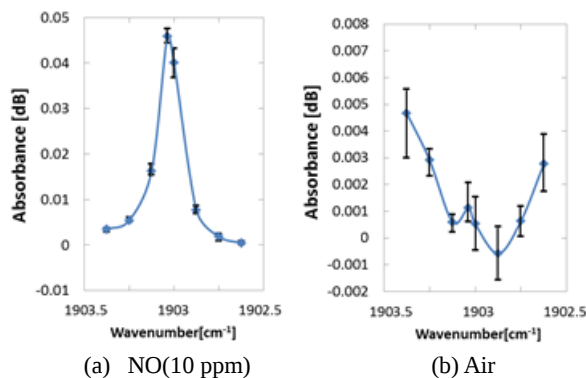


Fig.3. Absorption spectrum

【参考文献】

[1] 鈴木響, 木野彩子, 松浦祐司, “中空光ファイバガスセルを用いた赤外分光ガス分析システム-量子カスケードレーザ導入の試み-”, 電気関係学会東北支部連合大会 (2013)