

中空光ファイバガスセルを用いた真空紫外吸収分光法による 呼気中アセトンの定量分析

Analysis of Acetone in Exhaled Breath Based on Vacuum Ultraviolet Spectroscopy Using Hollow-Optical-Fiber Gas Cell

東北大学 医工 〇(M2) 工藤 祐大, 松浦 祐司

Tohoku Univ., Graduate School of Biomedical Engineering, 〇Yudai Kudo, Yuji Matsuura

E-mail: yudai.kudo.s4@dc.tohoku.ac.jp

1. はじめに

呼気分析は生体疾患の非侵襲診断として期待されている。そこで我々のグループでは中空光ファイバを微小容積・長光路ガスセルとして利用し、紫外分光器と組み合わせた簡易なシステムを用いて呼気分析が可能なことを示し、脂肪代謝のマーカーとなる呼気中イソプレンの定量分析が可能であることを示した[1]。

呼気中のアセトン濃度は脂肪代謝の動態と関連することが知られており、糖尿病のバイオマーカーとなる。本報告では測定波長域を真空紫外領域に拡張することにより、呼気中のアセトン濃度推定を行ったので報告する。

2. 呼気中アセトン濃度定量化の検討

図1は測定系の概要である。光源として重水素ランプ（浜松ホトニクス L9519）を用いている。また使用した中空光ファイバはガラスキャピラリの内面にアルミニウム薄膜をコーティングしたものであり、長さ3 m、内径2 mmである。ファイバ入射端にはCaF₂窓で封止したスリーブを装着し、そこから呼気サンプルを導入している。ファイバからの出射光はレンズで集光され、真空紫外領域に対応したファイバ入力型分光器（Ocean Optics Maya2000 Pro）によって検出した。また分光器は窒素によりパージを行っている。図2は真空紫外～紫外領域において測定したアセトン（濃度30 ppm）の吸収スペクトルである。この結果よりアセトンは真空紫外領域において紫外領域の500倍以上の大きさを示す吸収ピーク群が存在することを確認した。図3に真空紫外領域における呼気、酸素、およびアセトンの吸収スペクトル形状を示す。酸素とアセトンの吸収ピーク位置は類似しているものの、そのピーク形状が異なるために、数値解析による分離が可能であると期待される。

図4に真空紫外領域において測定した呼気の吸収スペクトルおよび、それに対して、酸素、水、アセトンを説明変数として重回帰分析を行った結果を示す。アセトンを加えたことで決定係数R²は0.989から0.994へと向上した。また推定濃度は0.52 ppmと算出され、これは健康者の一般的な濃度範囲内にある。また4回連続して測定を行った結果、測定した5日間全てにおいて変動係数は5%未満となり、高い再現性を確認した。今後は高濃度アセトンを含む模擬呼気の作製・測定を行うことで、糖尿病患者を想定した呼気分析について検討を行うほか、個人差の評価や代謝の影響についての調査を行う。

<参考文献>

[1] T. Iwata, T. Katagiri, Y. Matsuura, Sensors 12, 2058 (2016).

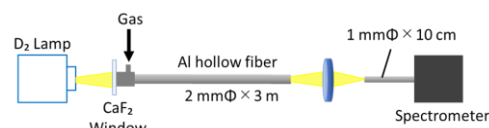


図1 呼気測定系

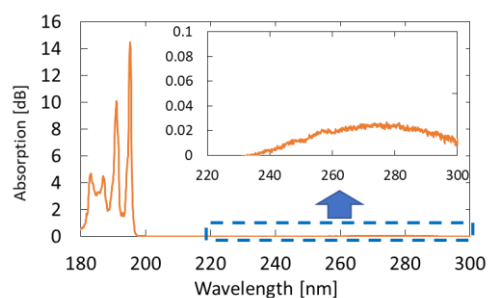


図2 アセトン吸収スペクトル

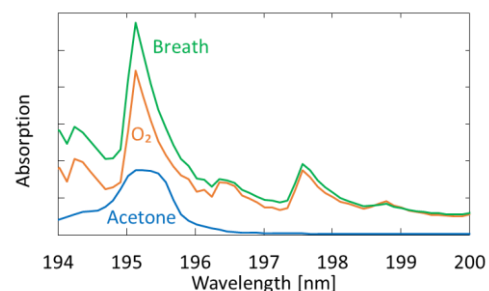


図3 呼気、酸素、アセトンの吸収スペクトル形状

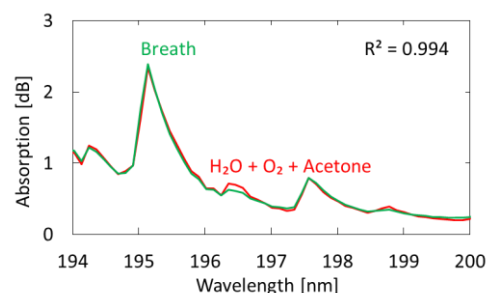


図4 呼気の真空紫外吸収スペクトルおよび重回帰分析結果