動的 THz ガス分光とマルチピークフィッティングを用いた煙混在ガスの定量分析

Quantitative analysis of gas molecules mixed with smoke using dynamic THz gas spectroscopy and multi-peak fitting analysis

徳大理工[1]，JST, ERATO 美濃島知的光シンセサイザ[2]，リトラル・コート・ド・パール大学[3]
謝宜達[1,2]，中村翔太[1]，南川丈夫[1,2]，フランシス・ヒンデル[3]，○安井 武史[1,2]
Tokushima Univ.[1], JST, ERATO MINOSHIMA ISO[2], Univ. Littoral Opal Coast[3]
○Y.-D. Hsieh[1,2], S. Nakamura[1], T. Minamikawa[1,2], F. Hindle[3], and T. Yasui[1,2]
E-mail: yasui.takeshi@tokushima-u.ac.jp　　http://femto.me.tokushima-u.ac.jp/

工業燃焼過程の効率化による大気環境負荷の軽減や、火災現場における二次災害予防には、煙が充満した閉鎖空間のガスを迅速に分析することが重要とされている。しかし、エアロゾル混在ガスの有効な分析方法は無かった。

テラヘルツ（THz）波は、極性ガスの回転運動による吸収が現れる特徴的な周波数帯に位置し、THz 波長とエアロゾル粒子サイズの大小関係からエアロゾルの影響を受け難い特徴を持つことから、エアロゾル混在ガスの分析手段として期待されている。各種 THz 分光法の中でも、機械的時間遅延走査が不要な非同期光サンプリング式 THz-TDS（ASOPS-THz-TDS）[1]は、広帯域性・高分解能性・高確度性・高速性の両立が可能なため、エアロゾル混在ガスの動的分析手段として有用であると考えられる。これまでに、煙混在ガスに対する ASOPS-THz-TDS の有用性を確認している[2]。今回は、取得した広帯域 THz 吸収スペクトルに対して、数百本に及ぶ回転吸収スペクトル群を考慮した解析モデルを適用することにより、煙混在ガスのリアルタイム濃度モニタリングを報告する[3]。

ASOPS-THz-TDS（最大スペクトル分解能 250MHz、スキャンレート 50Hz）は、デュアル・モード同期 Er ファイバーレーザー（波長 1550nm, f_{rep}=250MHz, Δf_{rep}=50Hz）、光ファイバー結合型 LT-InGaAs/InAlAs 光伝導アンテナ、THz 光学系、ガスセルから構成されている。大気圧下で圧力拡がりした吸収線（スペクトル線幅=数 GHz）と一致するように装置分解能（=1GHz）を調整し、50 スペクトルを積算して吸収スペクトルを算出した（実効測定レート=1 秒）。

本研究では、ナイロン繊維の不完全燃焼などによって発生し、有毒な火災燃焼ガスであるアセトニトリルガスを計測した。線香煙を充満させたガスセルにアセトニトリルの液滴を滴下し、その揮発に伴って発生したアセトニトリルガスが拡散していく様子をリアルタイムでスペクトル計測した。図 1 は、観測された THz スペクトルの時間変化を示している。大気水蒸気による吸収スペクトル（0.557THz および 0.752THz）以外に、アセトニトリルガス特有の周期的な吸収スペクトル群が時間経過と共に強くなっていく様子が確認できる。図 1 で観測されているスペクトルは、400 本にも及ぶ吸収スペクトルが重なって分布している状態を反映している。ここで、これらの吸収スペクトル群における圧力拡がりを考慮した解析モデルで濃度推定を行った結果を図 2 に示す。今回の実験における、アセトニトリルガスの検出限界は 200ppm であった。

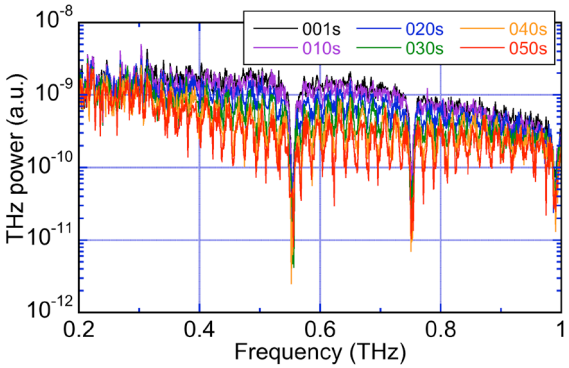

図 1　吸収スペクトルの時間変化

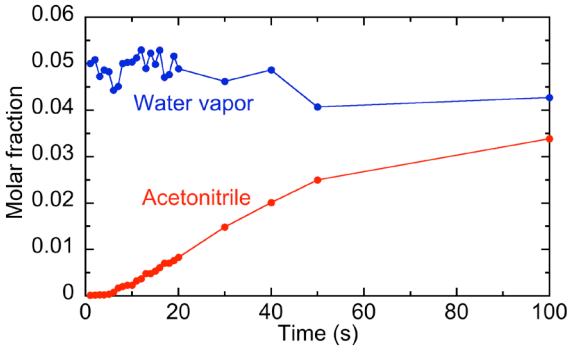

図 2　ガス濃度の時間変化

[1] T. Yasui *et al.*, APL **87**, 061101 (2005).
[2] 中村他, 2014 年春季応物, 18p-E17-16.
[3] Y.-D. Hsieh *et al.*, Sci. Rep. **6**, 28114 (2016).

© 2016年 応用物理学会