

東京理科大学「火災安全科学研究拠点」

■ 研究成果概要報告書

研究課題		火炎及び煙存在下でテラヘルツ帯電磁波を用いた危険ガス検知の研究	実施年度 平成23年度
研究代表者	所属	NTT マイクロシステムインテグレーション研究所 スマートデバイス研究部	
	氏名	相原 公久	
<p>1. 研究の背景および目的</p> <p>光と電波の中間の周波数帯 (0.1~10 THz) の電磁波であるテラヘルツ波には、マイクロ波帯や準ミリ波帯 (1~30 GHz) 電波に比べ桁以上の高周波数 (短波長) であるため高空間分解能性を有する、赤外線や可視光に比べると波長が長い伝搬において塵、煙、炎などによる散乱が少ない、テラヘルツ帯に存在する物質固有の吸収スペクトルによって有毒ガス、危険物質を検知できる、生体への悪影響がほとんどない、などの特徴がある。これらテラヘルツ波の特長を、大規模地震などの災害発生時における火炎および煙存在下でのイメージング (画像化) やセンシングに活用すれば、従来技術 (X線、赤外線、マイクロ波、ミリ波) では困難であった新しい情報収集が可能となり、さらに得られた情報の迅速な流通と利用によって、被災者救援や二次災害防止などに役立て、災害被害を最小限に抑えることに貢献できると考えられる。</p> <p>このような背景のもと、平成22年度に我々は模擬火災環境下で、テラヘルツ帯遠隔イメージングシステム及びテラヘルツ帯遠隔分光センシングシステムの評価実験を行った。その結果、周波数3THzのテラヘルツ波を使うことで、赤外、可視に比較して良好な可視化画像が得られること、200-500 GHz 帯分光によりウレタンの燃焼により生じたシアン化水素ガスの離れた場所から検知できることを示し、テラヘルツ波の利用が、災害現場の状況把握に有利に機能する可能性があることを実証した。</p> <p>この結果を踏まえ、平成23年度は、テラヘルツ波を用いたガスセンシングについて、シアン化水素ガス以外の燃焼生成危険ガス検知の可能性に関する検証実験を行う。具体的には、ガスセルを用いたスモールスケールの実験で、燃焼用試料の違いによる発生ガス種の違いやそのガス濃度を定量的に押さえたうえで、テラヘルツ帯分光システムにより、そのガス種の吸収線の検知を試みる。</p>			

2. 研究成果および考察（申請時の計画に対する達成度合いも含む）

※継続課題の場合は、前年度との関係性、進展度合いについても記載すること。

昨年度までの研究で、テラヘルツ波を用いて、燃焼により生成したシアン化水素の検知に成功したが、火災により発生する致死性のガスには様々なものが考えられる。建材評価の国際標準 ISO19702 では、シアン化水素以外に、塩化水素、一酸化炭素、一酸化窒素、二酸化窒素、二酸化硫黄、臭化水素、アクロレイン、フッ化水素、二酸化炭素の評価法が規定されている。これらの中で考えた場合、一酸化炭素と塩化水素は、シアン化水素と合わせ、火災により発生する危険なガスとして、広く認知されている。そこで今年度は、この2つのガスの検知を目標に置いて研究を行った。

FTIR を用い、市販のトイレ洗浄剤から塩化水素が効率的に得られる条件を事前に探索し、その結果をもとに、加熱したトイレ洗浄剤から発生するガスを参照用試料として用い、テラヘルツ帯分光システムをチューニング、このシステムが 626GHz にある塩化水素の吸収線を検知できることを確認した。次に、加熱した塩化ビニールから発生する煙の吸収スペクトルをこのテラヘルツ帯分光システムで測定し、煙に含まれる塩化水素の 626GHz 吸収線が、明瞭に観測できることを確認した。1m のガスセルを用いた本実験では、240 から 2500 ppm までの濃度の塩化水素が検知出来た。

一酸化炭素については、乾燥空気供給下で加熱した成型木炭及び備長炭を発生源の候補とした。塩化水素の場合と同様に、一酸化炭素が効率的に得られる条件を FTIR で事前に探索し、より少量の成型木炭で、一酸化炭素を高い濃度で発生させる成型木炭を最終的に発生源として選んだ。成型木炭から発生する煙の吸収スペクトルを、加熱する成型木炭の質量をパラメータに測定し、691 及び 921GHz にある一酸化炭素の吸収線の検知に成功した。1m のガスセルを用いた本実験では、1.5 から 9.7% までの濃度の塩化水素が検知出来た。なお、この実験では、成型木炭から発生する煙にシアン化水素も含まれていることが明らかになった。備長炭の加熱では、シアン化水素が発生していないことから、成型木炭から発生するシアン化水素は、オガ炭を固めるために使った接着剤成分の燃焼に起因するものであると考えられる。

平成 22 年度の成果と合わせると、テラヘルツ帯分光センシングにより煙に含まれる、一酸化炭素、シアン化水素、塩化水素、アセトニトリルの直接、リアルタイム検知が可能であることが明らかになった。本成果を元に、テラヘルツ帯分光センシングシステムのガス検知能力について、理論的な立場から検討を行い、他のガスの検知可能性についての知見を得る予定である。

3. 経費の使用状況

消耗品費・会議費・印刷費等		旅 費		人 件 費	
事 項	金額(円)	事 項	金額(円)	事 項	金額(円)
・FTIR加熱サンプルライン改造	123,480	—	—	—	—
・FTIR用煤煙一次除去プレフィルター	98,700				
・アルミホイール他実験消耗品	16,905				
・スティッククリーナー他	28,980				
・パーティクルカウンタレンタル料	210,420				
・ロール紙	1,680				
計	480,165	計	0	計	0

4. 今後の展望（今後の発展性、見込み等についても記述）

平成23年度までの研究により、テラヘルツ帯分光センシングにより、煙中の4種類の危険ガスの濃度を直接、リアルタイムに測定することが可能であることが示された。今後は、得られるガス濃度の精度や感度検出感度を定量的に示し、テラヘルツ帯分光センシング技術の適用可能領域を明らかにしていくとともに、テラヘルツ波の煙中での透過性の高さを生かしたアプリケーションの探索を行う。また、本研究によって得られた知見については、積極的に外部発表を行っていく。

5. 成果の公表状況（学会への発表、学術誌への投稿等を記述。予定も含む）

学会発表

1. Terahertz gas sensing, N. Shimizu, N. Kukutsu, K. Aihara, A. Wakatsuki, K. Kikuchi, H. Kohjiro, T. Ikari, R. Fukasawa, and K. Matsuyama, European Microwave Conference 2011 Workshop, 2011.10.9-14, Manchester (Invited talk)
2. Remote Toxic Gas Detection in Smoke with Sub-Terahertz Waves, N. Shimizu, N. Kukutsu, K. Aihara, A. Wakatsuki, K. Kikuchi, H. Kohjiro, T. Ikari, R. Fukasawa, and K. Matsuyama, The 1st International Symposium of Terahertz NaonoScience and 2nd Workshop of International Terahertz Research Network, 2011.11.24-29, Osaka (Invited talk)
3. テラヘルツ電磁波を用いたガス検知、清水直文、碓智文、菊池健一、松山賢、若月温、神代暁、深澤亮一、日本光学会 光設計研究グループ第 48 回研究会、平成 23 年 12 月 2 日、板橋区グリーンホール（招待講演）
4. Absorption Spectra of hydrogen chloride and carbon monoxide in smoke, N. Shimizu, K. Matsuyama, and I. Hosako, The 37th International Conference on Infrared, Terahertz and Millimeter Waves, 2012.9.23-28, Wollongong, Australia.

論文

1. Detection of hydrogen cyanide in full-scale simulated fire with sub-terahertz active remote gas sensing system, N. Shimizu, K. Kikuchi, T. Ikari, K. Matsuyama, A. Wakatsuki, H. Kohjiro, and R. Fukasawa, IEEE Transaction on Terahertz Science and Technologies（投稿中）

※上記 5 に記載された成果公表については、別刷 1 部を研究事務課まで提出願います。PDF ファイル等の電子データでも構いません。

※本成果報告概要書に記載された内容は、本拠点の成果報告として Web 等で公開されることをお含み置き下さい。

※本成果報告概要書と併せて、研究報告書を提出頂いても構いません。（フォーマットは問いません。）

※後日開催予定の成果講評会で使用されるプレゼンテーション用の電子ファイルについても提出願います。（学内での報告に使用）