

報道機関 各位

資料提供 令和3年11月3日  
秋田県立大学  
システム科学技術学部 機械工学科  
担当者 助教 合谷 賢治  
TEL 0184-27-2137

## 様々な成分分析に利用可能な赤外光ファイバーセンサー

～環境モニタリングや呼気診断など、幅広い応用が期待～

フッ化物ファイバーを導波路としたインライン型赤外光ファイバーセンサーを世界で初めて実証しました。開発したセンサーは、分子の吸収線が多く存在する中赤外光を効率よく伝送することが可能です。そのため、赤外吸収を利用した空間モニタリングに応用可能なセンシング技術として期待されます。本成果は学術誌「Sensors and Actuators B: Chemical」に掲載されました。

## 本 文

### 概要

秋田県立大学（秋田県 学長・小林 淳一）の合谷賢治助教、自然科学研究機構 核融合科学研究所（岐阜県 所長・吉田 善章）の上原日和助教らの研究グループは、様々な成分分析に利用可能な赤外光ファイバーセンサーの開発に成功しました。本技術では、フッ化物ファイバー<sup>※2</sup>と呼ばれる特殊な光ファイバーを用いることで、広い波長範囲（波長 2.5～3.7 マイクロメートル）の中赤外線<sup>※1</sup>を効率よく伝送させることができます。この中赤外線は様々な分子の吸収線が存在するため、環境モニタリング、医療分野での呼気診断、工場や各家庭における微量ガス・危険物検知など、幅広い応用が期待される成果です。また、中赤外光源についても独自に開発した技術を用いています。

### 研究の背景

発電施設、工場施設などの安全かつ安定な運転のためには、それら施設の内外におけるガスや液体等の成分を常時測定する環境モニタリング技術が必要です。また、医療分野では、呼気に含まれる微量のガス成分を検査する呼気診断が、肺炎患者の重症化リスクを判断する有効な方法の一つと考えられています。

このような成分分析の手法の一つが、波長が 2 マイクロメートルよりも長い光である赤外線を用いる方法です。一般的な分子は赤外線を吸収する性質を持ち、それらが吸収する光の波長（吸収波長）は分子の種類によって異なります。特に、中赤外線の波長範

囲には、炭酸ガス、炭化水素、水蒸気などの様々な分子の吸収波長があります。そのため、中赤外線を物質に照射して、どの波長がどの程度弱くなっているかを計測することで、存在する様々な分子の量が分かります。

秋田県立大学と核融合科学研究所の研究グループは、赤外線と光ファイバーを利用した「赤外光ファイバーセンサー」の開発を進めています。インターネット通信にも用いられる光ファイバーは、光を遠くへと伝送するものであり、それを利用すれば、様々な成分の情報を遠く離れた場所で即時に得られるようになるため、その実現が大いに期待されています。ところが、一般的に普及している石英ガラス製の光ファイバーは、ガラス材料に赤外線が吸収されてしまうため使えません。そのため、特殊な構造を持った光ファイバーを使う必要があります。

## 研究の成果

秋田県立大学の合谷賢治助教、核融合科学研究所の上原日和助教らの研究グループは、広い波長範囲の中赤外線を効率よく伝送可能なフッ化物ファイバーを光導波路とした赤外光ファイバーセンサーの開発に成功しました。

研究グループは、フッ化物ファイバー導波路の途中に外界と干渉させる構造（センサー部）を作りこむことで、センサー部に触れた液体や気体の検出が可能な光ファイバーセンサーを実証しました（図1）。また、実際に計測実験を行い、液体サンプルとして純水とグリセリン（図2）を、気体サンプルとしてメタンガス（図3）を計測したところ、各サンプルの赤外吸収スペクトルを取得し、本技術の実現性を確認しました。

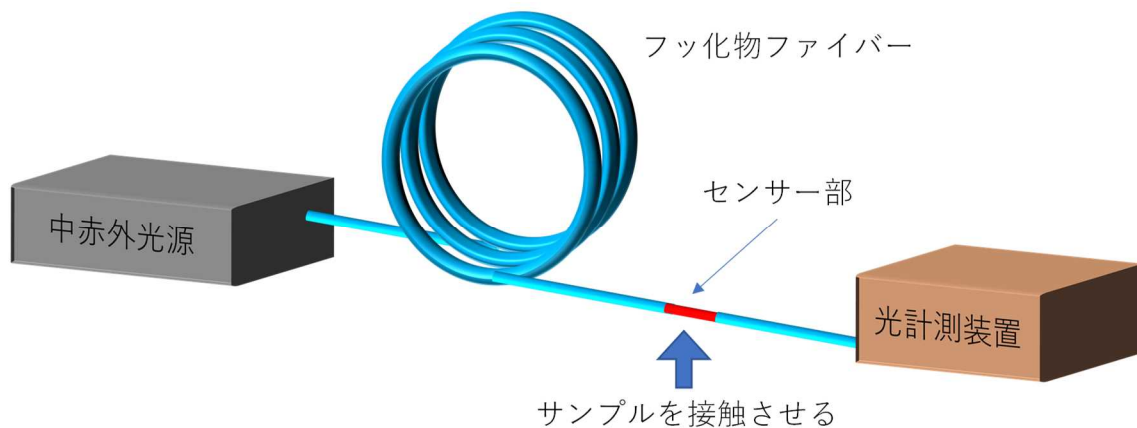


図1 フッ化物ファイバーを光伝送路とした計測システムの概要

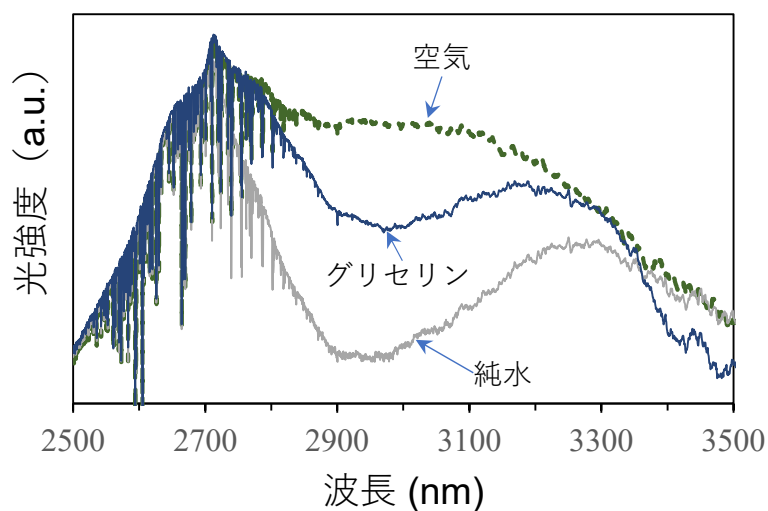


図2 開発した光ファイバーセンサーを用いた液体サンプルの透過スペクトルの取得結果。センサー部に液体サンプルを接触させない場合、空気の透過スペクトルが観察され、水やグリセリンを接触させると透過スペクトルが変化します。

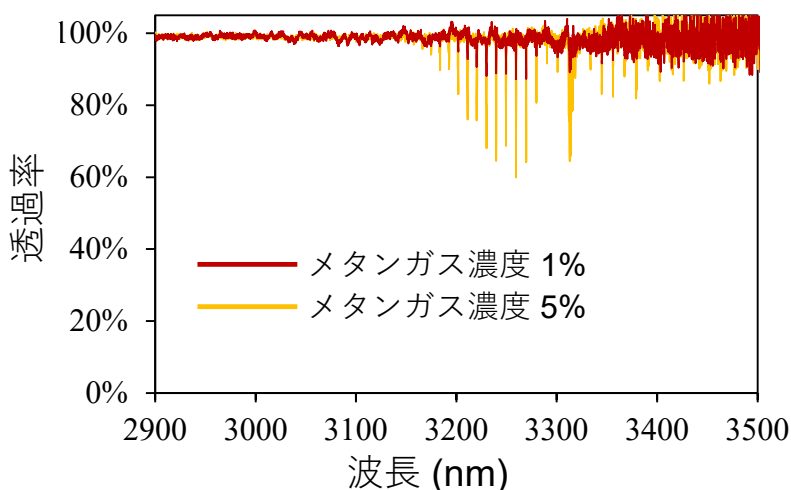


図3 開発した光ファイバーセンサーを用いた気体サンプルの透過スペクトルの取得。センサー部周囲のメタンガスの濃度を変化させると、濃度に依存した透過スペクトルが観察されます。

### 成果の意義と今後の展開

近年では、IoT (モノのインターネット) 技術の重要性が認知され一般的に受け入れられている。その要素技術として、センサーの高度多様化は、将来の IoT 技術の進歩に大きく貢献することが期待できます。特に光ファイバーセンサーの特徴は、敷設が容易であり、伝送路の信頼性、使用環境における安全性といった優位性を持つことから様々な環境への応用展開を目指します。

### 【用語解説】

※1 中赤外線：波長がおおよそ2～15マイクロメートルの光で、人間の目で見ることができない可視光線よりも波長が長い。赤外線の一部であるが、特に、波長3～5マイクロメートルの領域は、大気中で光が弱くならず、様々な分子の吸収波長が多数存在するため、成分分析での利用に適している。

※2 フッ化物ファイバー：フッ化物ガラスを素材とした光ファイバーです。一般的な通信で用いられる石英ガラスファイバーと材料が異なるため、伝送できる光の波長といった光学特性、機械的特性など多くの点で異なります。

### 【特許出願情報】

発明の名称：光ファイバーおよびファイバーセンサー

出願番号：特願 2021-069885

出願人：秋田県立大学、自然科学研究機構

発明者：合谷賢治、上原日和

### 【論文情報】

雑誌名：Sensors and Actuators B: Chemical

論文タイトル：A fluoride fiber optics in-line sensor for mid-IR spectroscopy based on a side-polished structure

(中赤外分光計測のための側面研磨構造によるフッ化物ファイバーインラインセンサー)

著者：合谷賢治 1、上原日和 2、西島喜明 3、時田茂樹 4、安原亮 2

1 秋田県立大学、2 核融合科学研究所、3 横浜国立大学、4 大阪大学、

### 【研究サポート】

本研究は、科学研究費助成事業（課題番号: 20K14752）、研究成果最適展開支援プログラム A-STEP の支援を受けて行われました。