

# ホルムアルデヒド用生化学式ガスセンサの開発

住環境中のホルムアルデヒド（以下FAと記載）の健康影響が注目されています。住環境中のFAの濃度管理に必要な、高感度で高選択性の生化学式ガスセンサの研究開発をご紹介します。

## ホルムアルデヒドの有害性

FAはシックハウス症候群や化学物質過敏症などの原因物質の1つです。また国際がん研究機関において発がん性が認められている物質です。そのため、FAによる人体への健康影響が問題となっています。

厚生労働省は、表1に示すように1997年に生活環境での規制として、室内濃度指針値を80ppbに設定し、2008年には作業環境中のFAの管理濃度を0.1ppmと設定しています。また、2003年には建築基準法が改正され、FAを放散する建材の使用制限が設けられました。

これらの規制により、メーカーによる対策が進み、住宅建材や接着剤由来のFA放散被害は減少しました。しかしながら、FAは室内濃度指針値以下の低濃度でも、小児や過敏症体質の人に影響があるとされるため、化学物質過敏症の人が関係する住宅や、学校、病院などでは、日常的にFAの濃度測定を行いつつ、換気等の対策を講じるなど、より低濃度でのFAの管理が必要とされています。

表1 ホルムアルデヒドに関する規制

1997年6月	室内濃度指針値（80ppb）の設定
2003年7月	改正建築基準法の施行
2008年3月	改正特定化学物質障害予防規則等の施行 作業環境の管理濃度（0.1ppm）の設定

## 従来のホルムアルデヒド計測法とバイオセンサ

現在、厚生労働省が指定している標準的なFA測定方法は、装置が大きく、操作が煩雑なため、住環境中での計測が困難です。簡易法として、ガス検知管や電気化学分析法を用いたFAセンサが市販されていますが、共存する他

のガス成分に影響を受けやすく、80ppb以下のFA濃度の管理に利用するには感度が不足しています。

一方、医療や環境計測の分野では、酵素や抗体などの優れた分子認識機能を利用したバイオセンサが数多く研究開発されています。バイオセンサは、図1に示すように測定対象物質を認識する分子認識素子と、物理的・化学的变化を電気や光などの検出可能な信号へ変換する信号変換素子から構成されます。バイオセンサは、従来の計測で用いられている装置に比べて、小型で簡便に扱え、高感度で高選択性を有しているため、生活環境や作業環境における現場での分析や連続的な計測に適しています。

私達は、分子認識素子として酵素を利用することで、多種のガス成分が混在する環境中からFAを選択的に検出し、日常的に連続計測が可能な生化学式ガスセンサの開発を行っています。

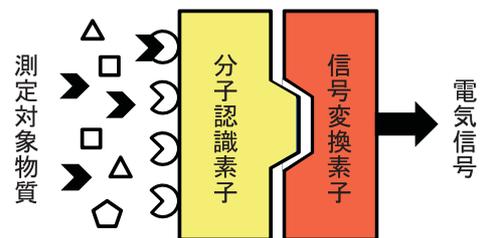


図1 バイオセンサの基本概念

## ホルムアルデヒドの検出原理

酵素の1つであるFA脱水素酵素（formaldehyde dehydrogenase : FALDH）は、FAと酸化型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド（NAD<sup>+</sup>）から、ギ酸と還元型のNADHを生成します。反応生成物であるNADHは340nmの紫外線が照射されると、491nmの蛍光を発する特性があります。その蛍光強度を調べて、FAを定量します（図2）。



図2 FAの検出原理

## ホルムアルデヒド用生化学式ガスセンサ

開発したセンサは、気液フローセルとNADH蛍光検出システムから構成されます。気液フローセルは、FALDHをポリマーにより固定化した膜を下部に取り付けており、セル内部にはNAD<sup>+</sup>を含むリン酸緩衝液を循環させ、FAの連続計測を可能にしています。一方、NADH蛍光検出システムは、紫外線LEDを光源に用い、光検出器には光電子増倍管を用いています。FALDH膜付近で生成したNADHに、光ファイバーを通じて紫外線を照射し、発せられた蛍光は光ファイバーを通じて光検出器で計測します。センサの構成図を図3に、外観写真を図4に示します。

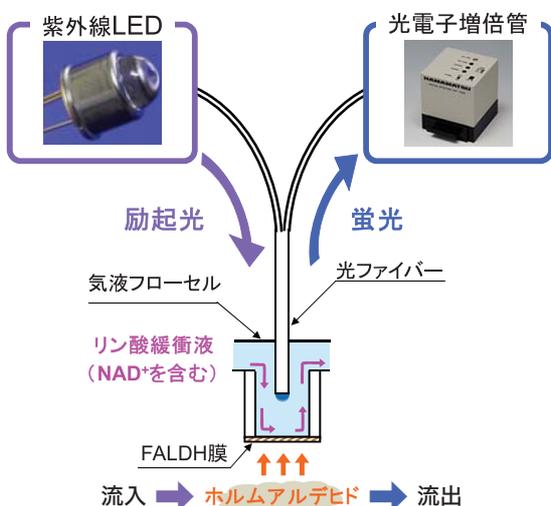


図3 センサの構成図

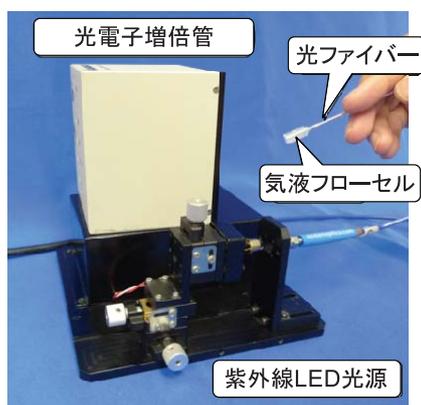


図4 センサの外観写真

## 開発したセンサの性能評価

FAガスに対するセンサ特性を評価したところ、図5に示すようにFAガスを流入するとNADHの蛍光強度の増加と安定が確認され、

清浄空気を流入すると、蛍光強度の減少が観察されました。本センサのFAガスに対する定量特性を調べたところ、厚生労働省の室内濃度指針値である80ppbを含む30.0ppb~17800ppbの広いダイナミックレンジが得られました。また、本センサの他のガスに対する影響を調べたところ、FAガスに対する高い選択性が確認できました。

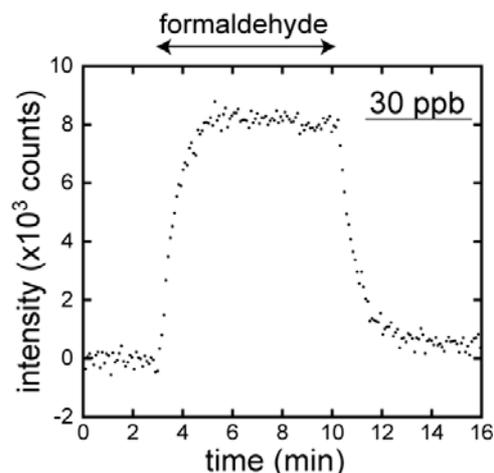


図5 FAガス (30ppb) に対する応答性

## 今後の展開

現在、柴田科学(株)と共同で本センサの実用化を目指しています。化学物質過敏症やシックハウス症候群に対応した低FA住宅や、学校、病院など従来よりも低濃度でのFA管理が必要な場所での使用が期待されます。

また、今回開発したシステムは、固定化する酵素を選択することで、FA以外のVOCなど多様な成分の計測に応用可能です。

なお、この開発は、東京都地域結集事業研究開発プログラムとして行われました。この研究開発へのご質問やご相談がありましたら、お気軽に下記までご連絡ください。

## 参考文献

- 1) Kudo H, Suzuki Y, Gessei T, Takahashi D, Arakawa T, Mitsubayashi K, Biosensors and Bioelectronics 26 (2010) 854-858.

地域結集事業推進部 <西が丘本部>

月精 智子 TEL 03-3909-2151 内線 469

E-mail: tg-bdi@tmd.ac.jp