

特異構造薄膜フィルムによる 皮膚ガス(アルコール)センサ開発

佐賀大学 教育研究院
自然科学域理工学系
教授 富永 昌人

2022年12月6日

- Society 5.0
サイバー空間とフィジカル空間の融合
- コロナ禍
- 超高齢化社会の医療と介護の負担が加速
- 人生100年時代
ポイントオブケアの医療
オンライン医療
自律分散型健康管理



個々人が健康管理を行い、医療機関との沿革情報管理を可能とする
自律分散型健康管理(個人による健康モニタリング)の実現

- ・高度センサ技術の要求

バイメタルセンサ(血圧・酸素濃度・心電図)、
化学センサは??

体内から発する健康状態や病態状態の
信号物質の高感度測定によって、
いつでもどこでも、リアルタイムに、低コストに、
健康状態を把握できるシステムの確立が必要



従来技術とその問題点

既に実用化されているものには、
半導体検出器によるガス検出法等がある。

しかし、下記の問題があり皮膚ガスセンサとしての実用化が困難となっている。

- ガス選択性がない
- 感度が低い(ppmレベル)
- ウェラブル性が低い

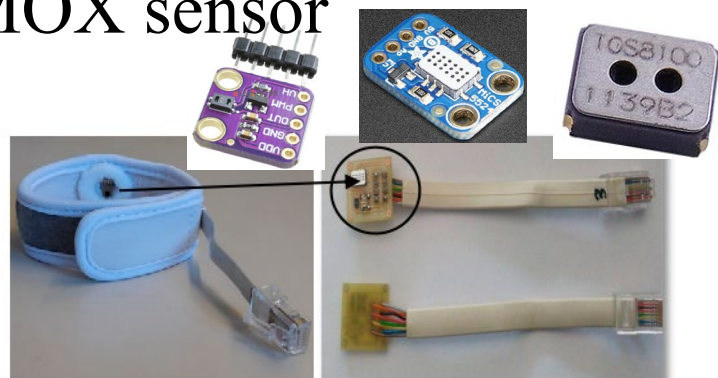


従来技術とその問題点

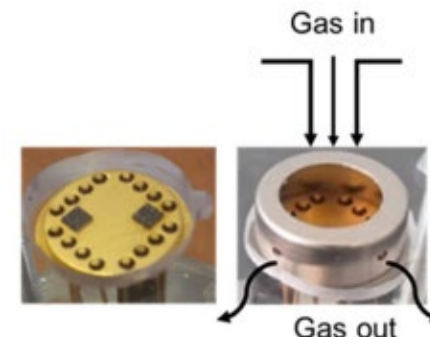
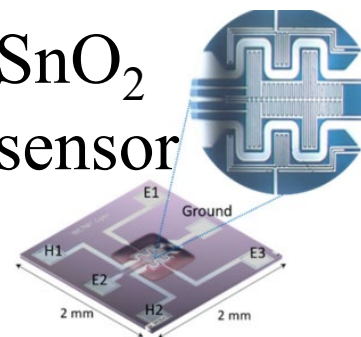
半導体を用いた検出法

Electrode	Detection mechanism	Detection range	Response time	Location of skin gas detection	Delay time (to breath)	Ref.
MICS5524 (MOX)	Resistance change	10-500 ppm	seconds	Wrist	150 min	Lawson, et al., 2017
TGS8100 (MOX)	Resistance change	10-100 ppm	seconds	Wrist	-	Lawson, et al., 2018
CCS801 (MOX)	Resistance change	10-100 ppm	seconds	Wrist	-	Lawson, et al., 2018
SnO ₂	Resistance change	1-70 ppm	seconds	Wrist	-	Lawson, et al., 2018
SnO ₂	Resistance change	5-350 ppm	minutes	Finger	seconds	Annanouch, et al., 2019; Annanouch, et al., 2021

MOX sensor

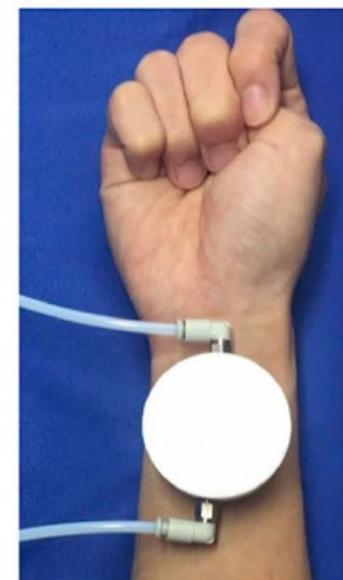


SnO₂ sensor



従来技術とその問題点

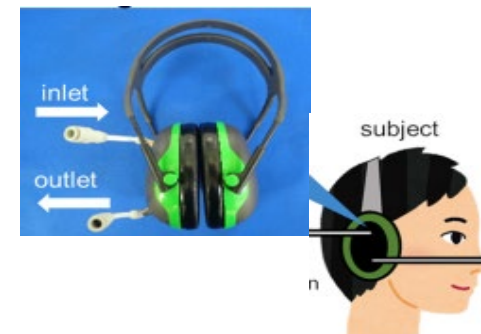
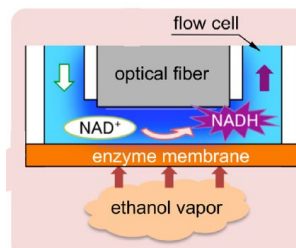
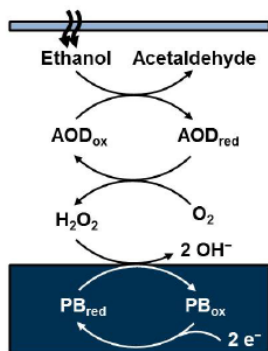
- 半導体ガスセンサに比べて、「ガス選択性」、「感度(ppb)」に優れているセンサ技術として酵素反応共役型蛍光検出法があるが、実用化には至っていない。
- また、蛍光測定が必要なため、光学機器を必要とし、ウェアブル性が低い(ここのウェアブル性とは、装着を意識しないレベル)。



従来技術とその問題点

酵素反応を用いた検出法

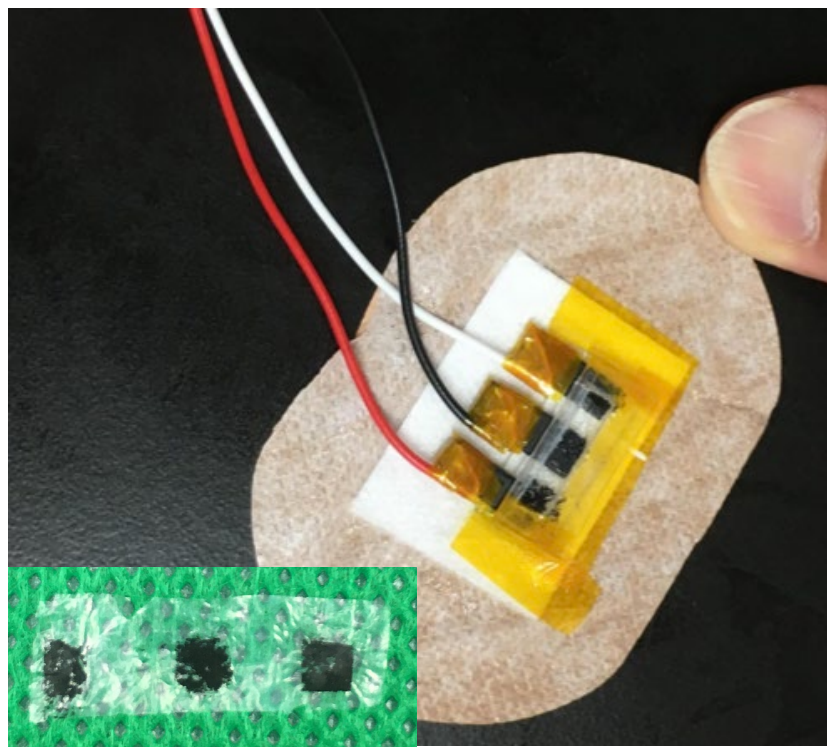
Enzyme	Detection mechanism	Detection range	Response time	Location of skin gas detection	Delay time (to breath)	Ref.
AOD	Amperometric	0.3-2.3 ppm	minute	Dorsal wrist	-	Lansdorp, et al., 2019
NADH/ADH	Fluorescence	25 ppb-128 ppm	12 min	Palm of hand	22 min	Arakawa, et al., 2019
NADH/ADH	Fluorescence	1 ppb-3.1 ppm	6 min	Wrist	40 min	Arakawa, et al., 2020
NADH/ADH	Fluorescence	26 ppb-554 ppm	seconds	Ear canal	14 min	Arakawa, et al., 2021



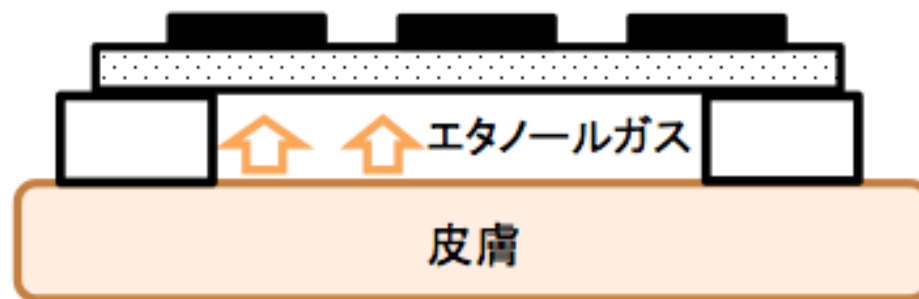
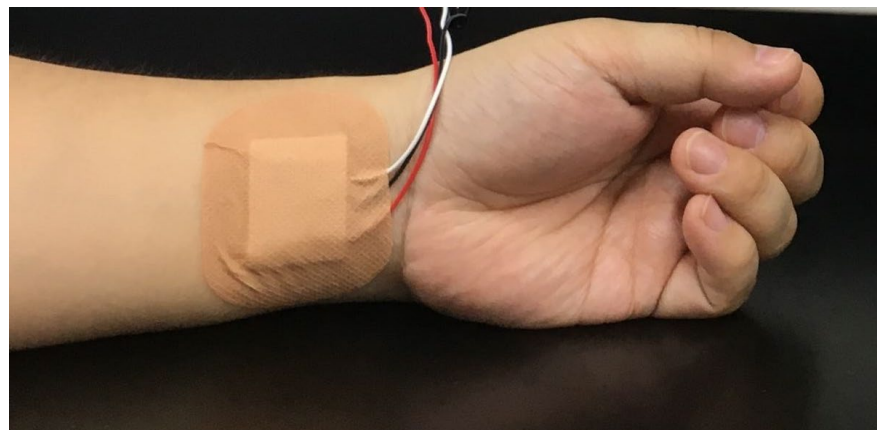
新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術の問題点であった、「ガス選択性」と「感度(ppbレベル)」を改良(現時点ではアルコールガスのみであるが)することに成功した。
- 本技術による薄膜フィルムからなるセンサー(酵素薄膜センサ)は、ウエアブル性が極めて高い。
- 検出部には酵素を用いるが、検出部位の薄膜フィルムを低コストのディスポーザル型にすることで、1日1回の交換で長期・連続計測が可能。

新技術の特徴・従来技術との比較

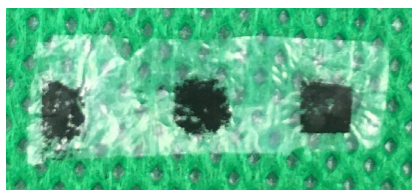
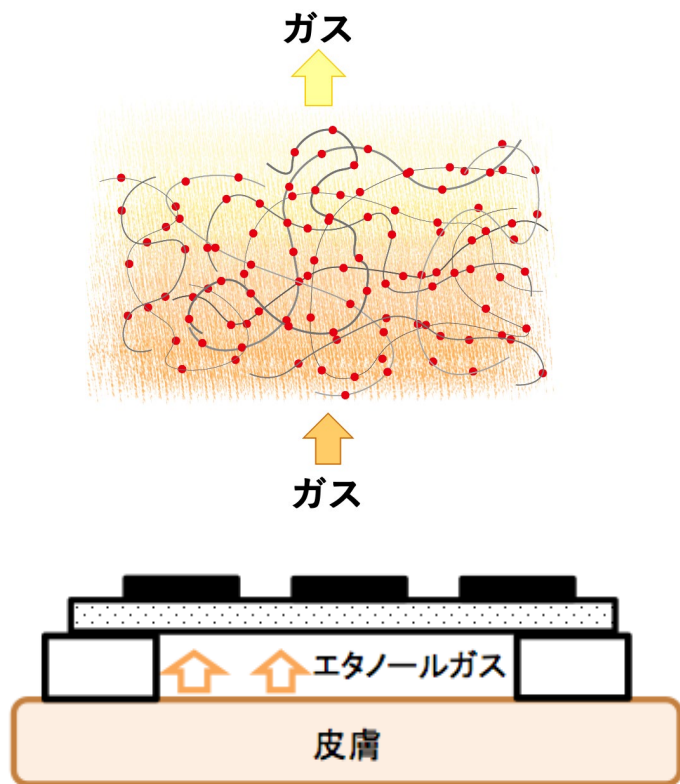


セルロースとナノカーบอนを素材とした厚さ60ミクロンの特殊構造薄膜フィルムを用いる。
これはディスプレイザブル。



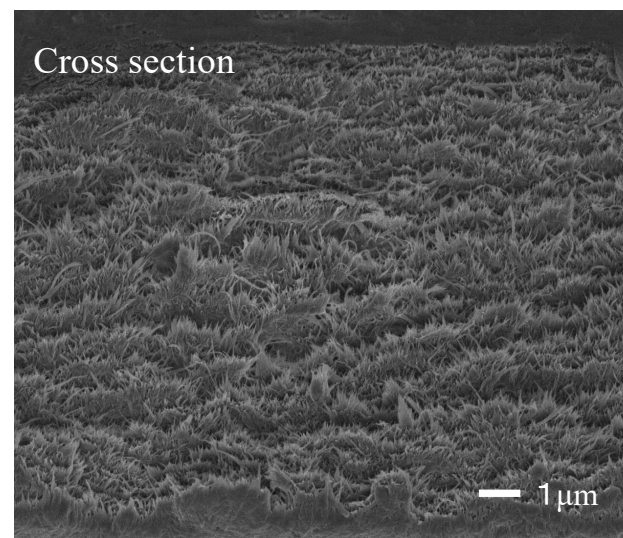
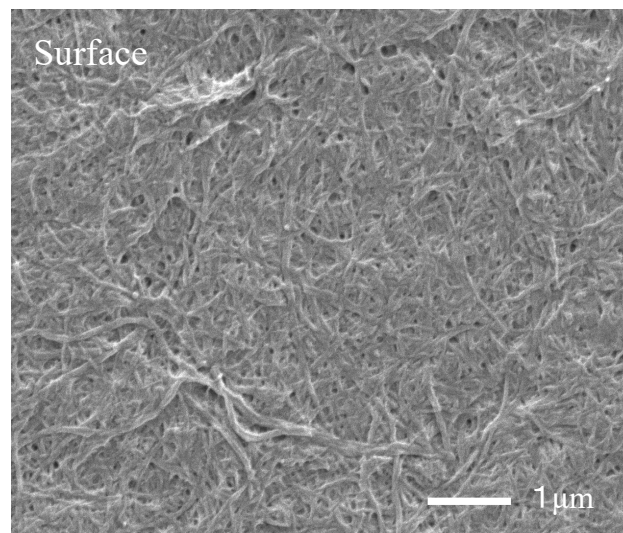
薄膜フィルムは直接肌には触れない。
スペーサーを肌とフィルムの間にはスペーサーがある。

新技術の特徴・従来技術との比較

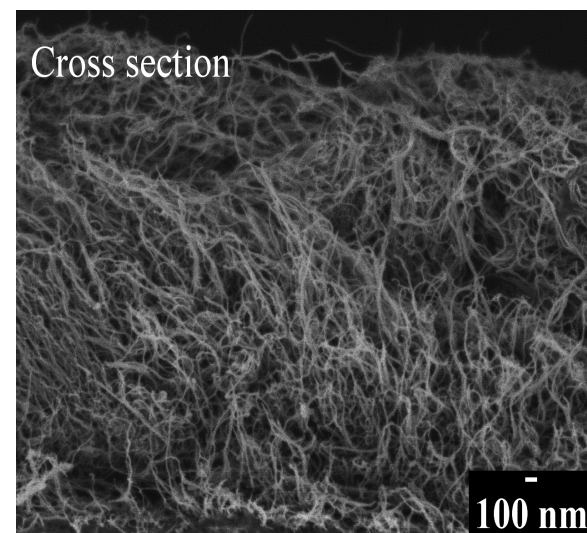
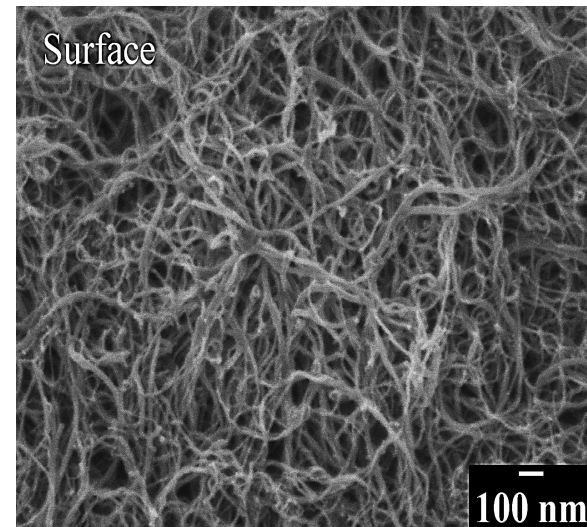


セルロースとナノカーボンを素材とした
厚さ60ミクロンの電極フィルム

CNFの走査型電子顕微鏡写真



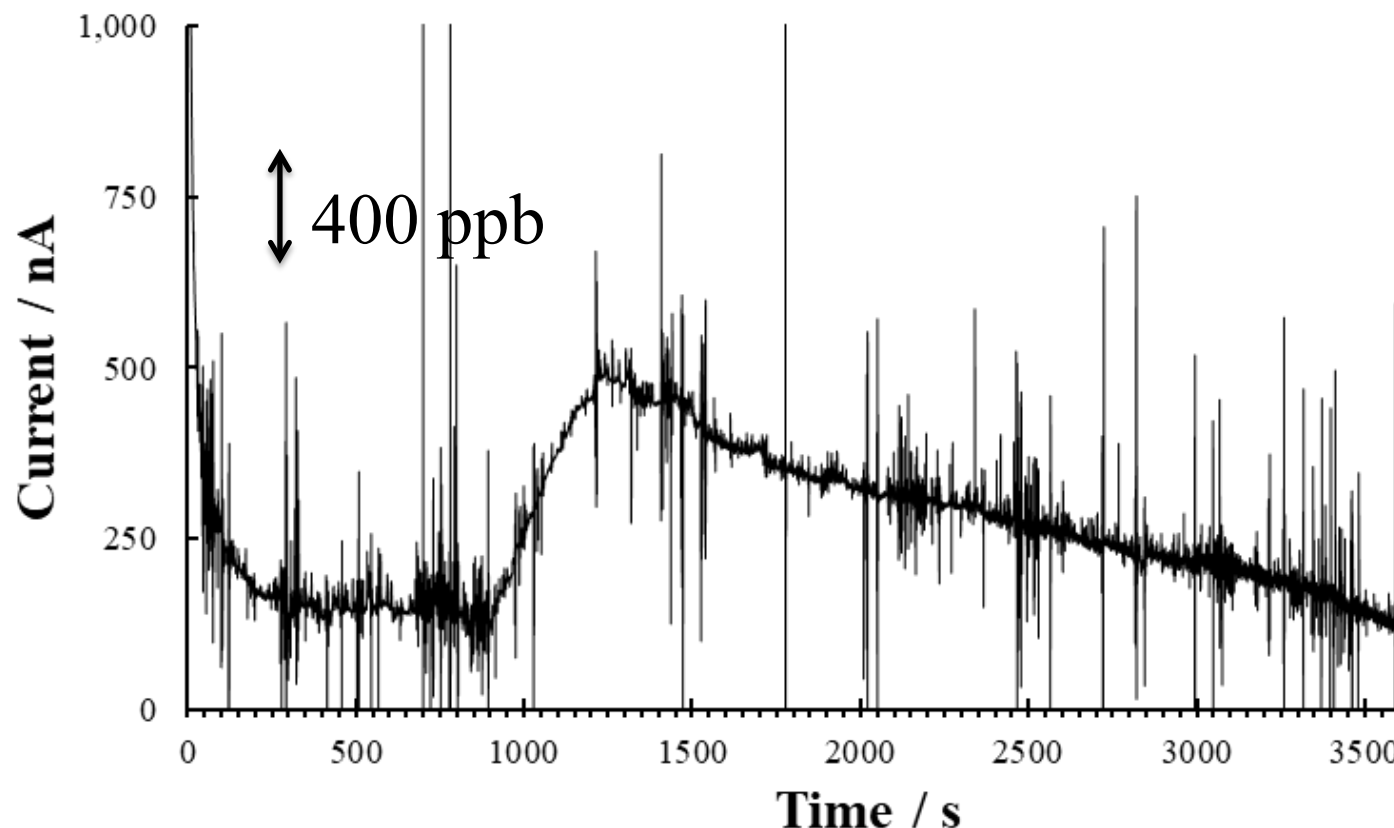
ナノカーボンの走査型電子顕微鏡写真



新技術の特徴・従来技術との比較

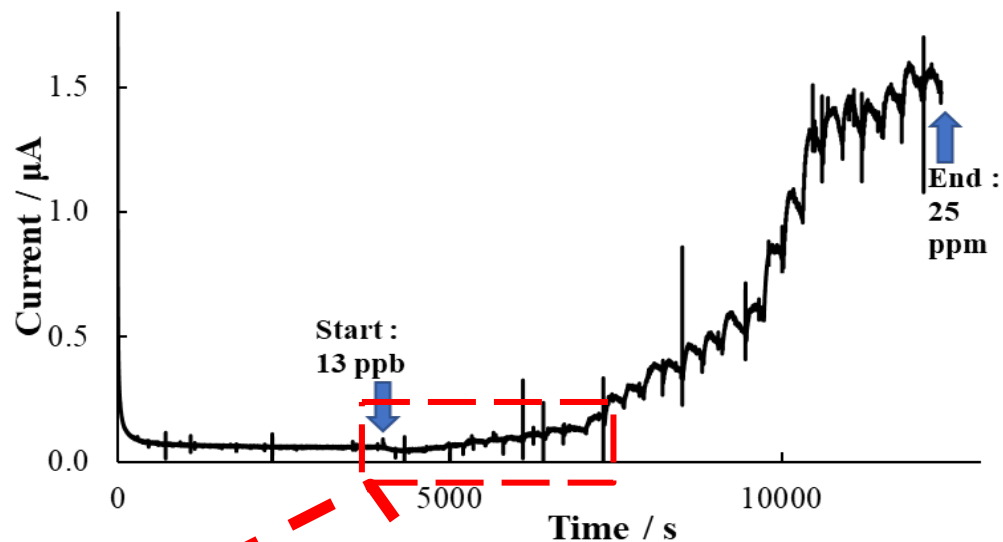


アルコール濃度: 15%
摂取量: 22.3 mL
接種したアルコール量: 3.35 mL
被験者(富永)体重: 66 kg
過去3日間のアルコール摂取: なし

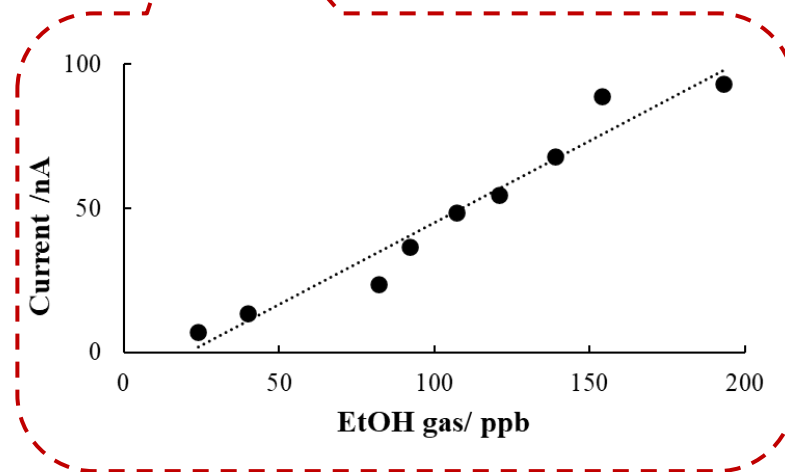
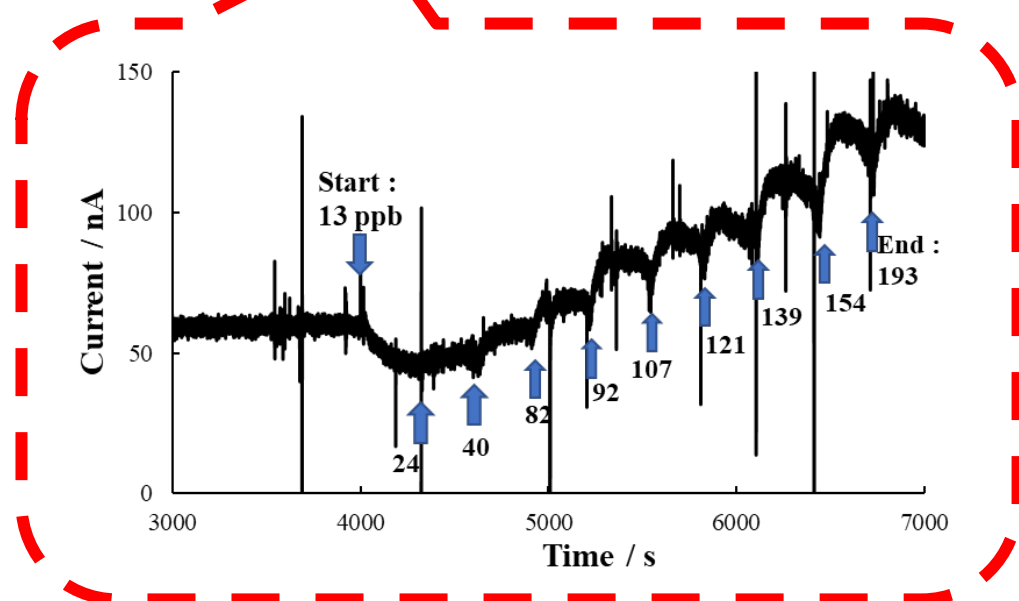
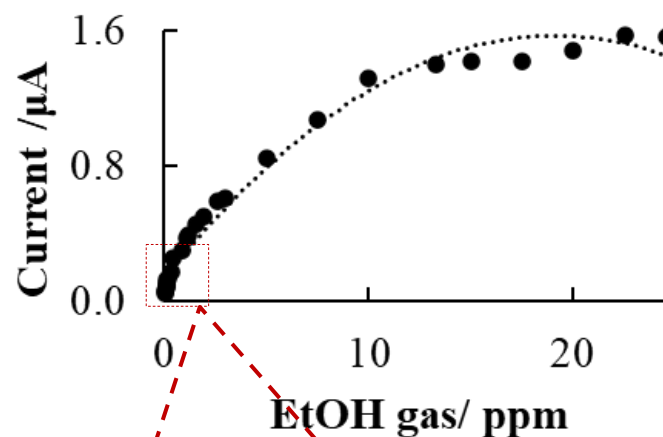


最小感度は約25 ppb

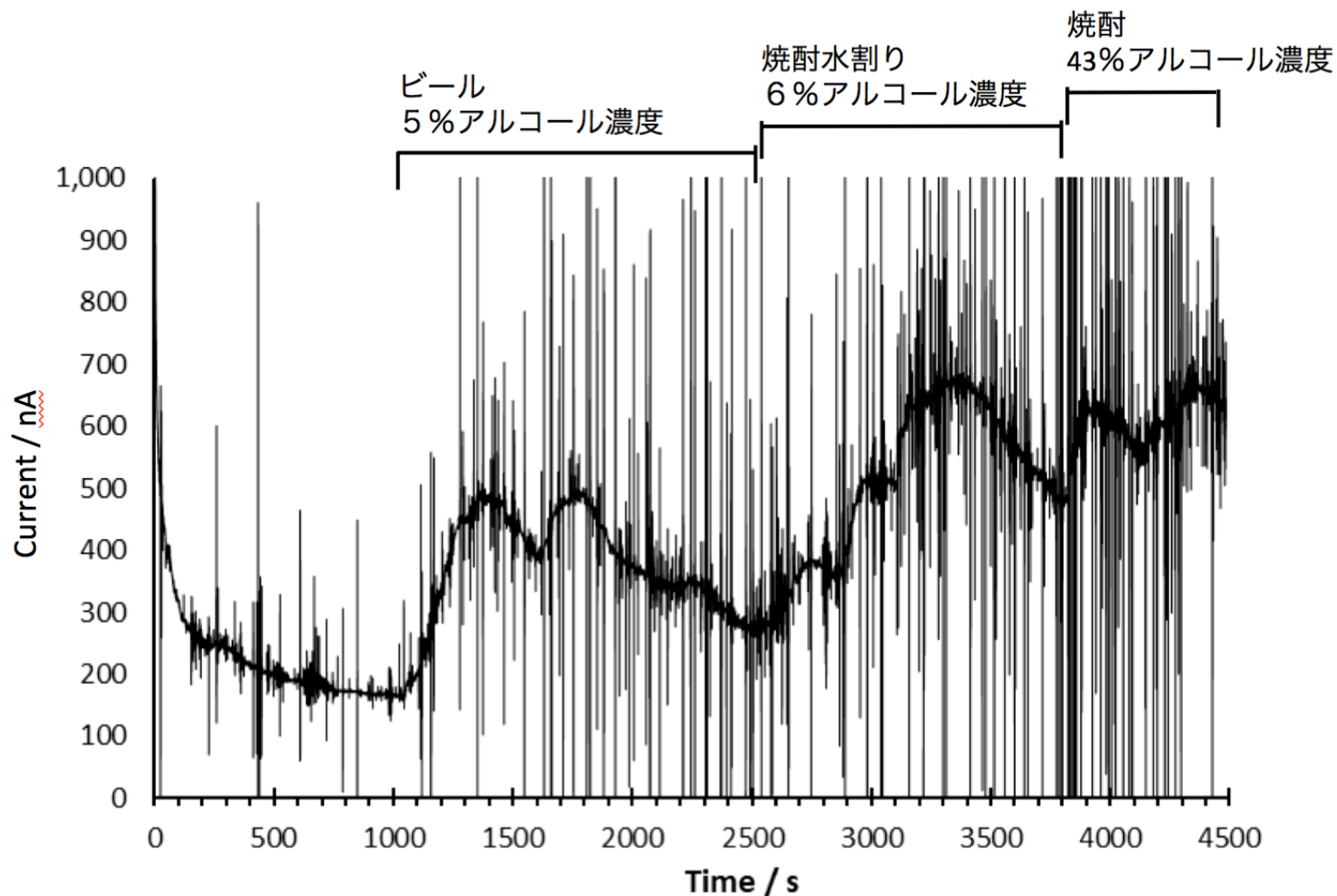
新技術の特徴・従来技術との比較



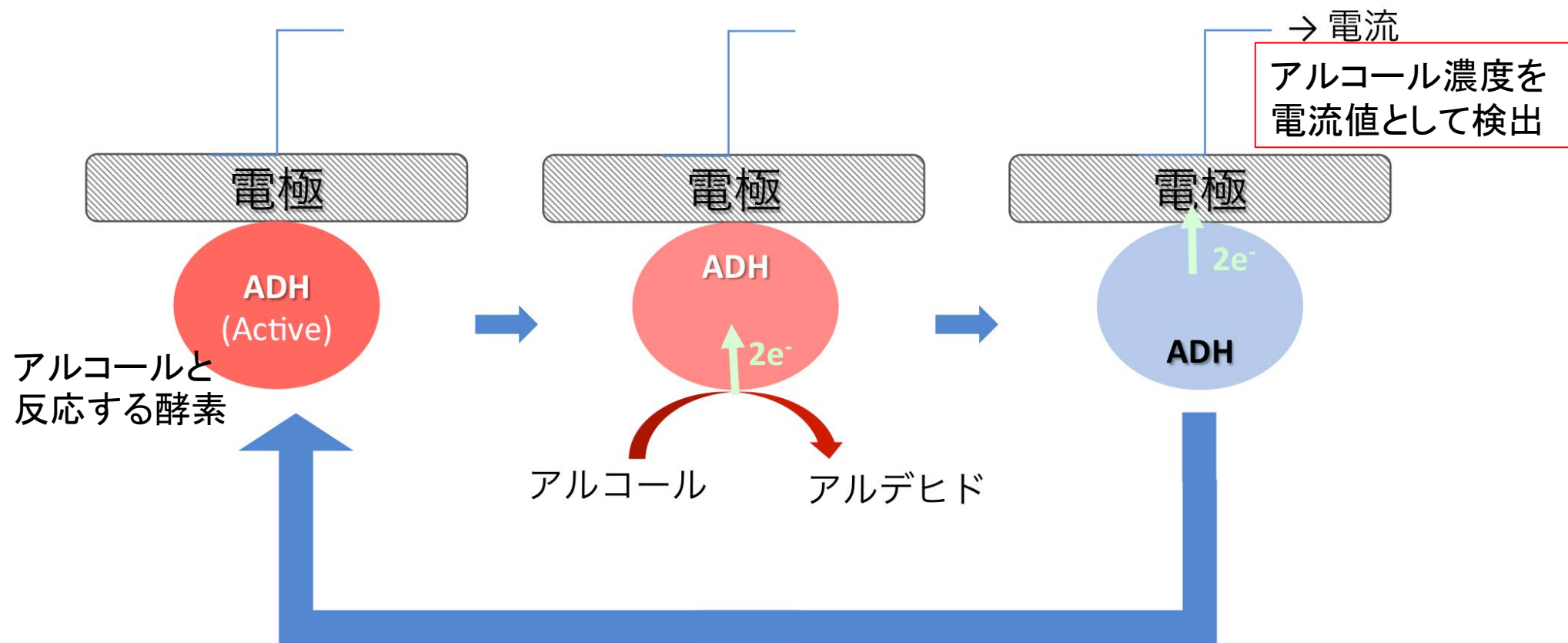
Detection Range



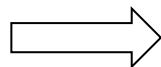
新技術の特徴・従来技術との比較



本技術の測定原理



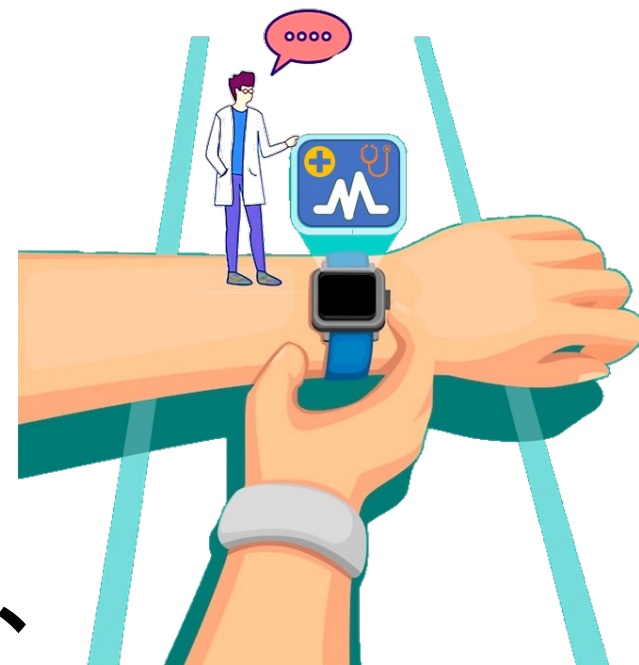
酵素反応をダイレクトに
電気信号に変換



極めてシンプルかつ
高感度化が可能

想定される用途

- 適切な酵素を用いることで、様々なガスの測定が可能。
- 将来的には、smart watch等と組み込み一体型とし、多検体ガスの同時検出も可能になり、個々人の日常健康管理に貢献することが期待される。



実用化に向けた課題

現在、エタノールガスの皮膚ガスを測定するのに十分な感度があり、酵素修飾特殊構造薄膜フィルムセンサの基本構造も開発済である(特許出願済)。

しかし、実用化に向けて下記の開発が必要である。

- ウェラブルを可能とする超小型測定デバイスの開発。
シンプルな測定原理ではあるが、さらなる超小型化と高感度電流測定を進めていく必要がある。
- ノイズキャンセリングと迅速な測定結果表示を可能とするソフトウェアの開発。
- 他の皮膚ガスに対応するための酵素とその基本特性の把握。

企業への期待

- ウェラブルを可能にする超小型測定デバイスの開発（スマートウォッチの裏面に実装でもOK）構想は確立できると考えている。超小型化デバイスの開発技術をもつ企業様との共同研究を希望。
- 測定データのノイズキャンセリングと短時間測定での予測値を算出できるソフトを提供できる企業様との共同研究を希望。
- 他の皮膚ガスに対応するための酵素が必要。酵素に関する技術をもる企業様との共同研究を希望。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : センサ電極構造及び、それを用いたガスセンサ
- 出願番号 : 特願2022-049770
- 出願人 : 国立大学法人佐賀大学
- 発明者 : 富永 昌人

産学連携の経歴

- 2021年-現在 ○○○と共同研究実施中
 - 2018年-現在 ○○○(株)と共同研究実施中
 - 2021年-2022年 JST A-STEPトライアウト事業採択
- その他、過去に多くの産学連携の経歴あり。

お問い合わせ先

佐賀大学

リージョナル・イノベーションセンター

シニアURA 出田 光太郎

TEL 0952-28 - 8719

FAX 0952-28 - 8726

e-mail st8151@cc.saga-u.ac.jp