

# 非晶質酸化バナシウム薄膜を用いた高感度バイオセンサーの開発

大阪工業大学 工学部 電子情報システム工学科  
准教授 廣芝 伸哉

2026年2月26日

## 本技術の概要

- 血液以外の体液(唾液・汗)に含まれる低濃度グルコースを、非侵襲的かつ連続的に高精度で測定できるバイオセンサを実現
- センサ電極にアモルファス(非晶質)の酸化バナジウム薄膜を使用
- 酵素固定化膜として絹フィブロインを用いた包埋法を使用
- 従来の拡張ゲートFET型バイオセンサと比較し、
  - 検出感度向上(10倍)
  - 応答電圧向上(2.5倍)

# 技術開発の背景

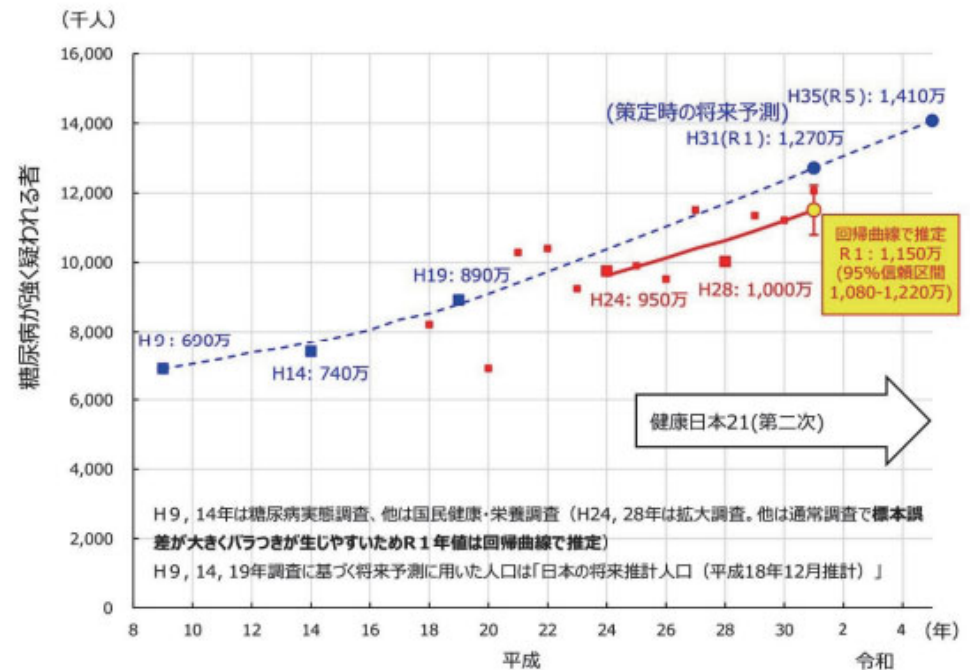
若者の糖尿病などの生活習慣病患者数の増加



自覚症状がないまま進行し、気づいた時には重症化していることが多い



病気の早期発見や予防のための  
バイオセンサーの開発



資料：厚生労働省「国民健康・栄養調査」より厚生労働科学研究「糖尿病の実態把握と環境整備のための研究」（研究代表者 山内敏正）において推計

## 従来技術とその問題点

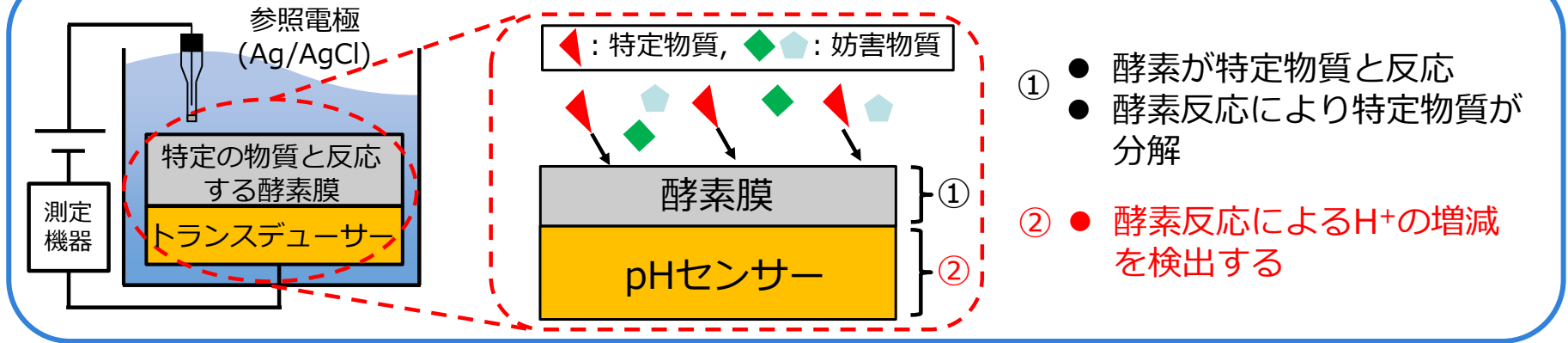
既に実用化されている血糖値センサは採血を伴う**侵襲測定**でしか取得できず、痛みを伴い、連続測定には不向き。

血液以外の体液（汗・涙・唾液・皮下間質液）を測定する**非侵襲測定**センサが研究開発されているものの、測定感度や長時間安定動作を実現するには、まだ課題が残されている。



# 従来のバイオセンサの概要

電位測定法を用いたバイオセンサ



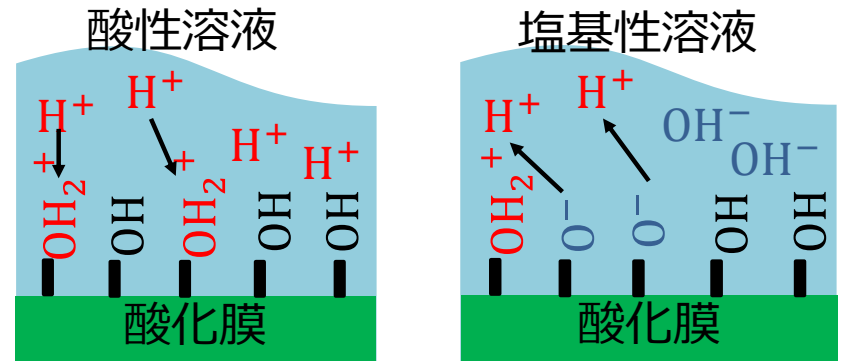
ネルンストの式

$$E = \frac{RT}{nF} \ln \frac{[H^+]_{out}}{[H^+]_{in}}$$

$$E \approx 59 \text{ mV/pH}$$

(ネルンスト限界値)

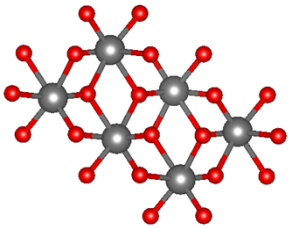
pHの値が  
1 変化すると



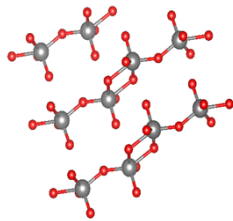
pHセンサー材料には金属酸化物を用いた例が多い

# 酸化バナジウムの特徴

◎ 酸化バナジウム( $\text{VO}_x$ )について



$\text{VO}_2$



$\text{V}_2\text{O}_5$

酸化数に伴った組成と結晶構造を持つ

応用例

- バッテリー材料
- 触媒
- 赤外線センサー

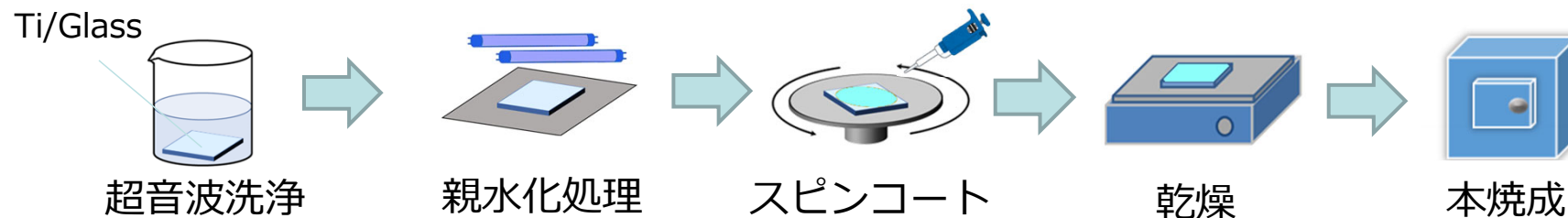


$\text{VO}_x$ は電子やイオンの吸着が大きく電荷の移動度大

**$\text{H}^+$ の吸脱着に着目する  
pHセンサーに応用できる可能性有**

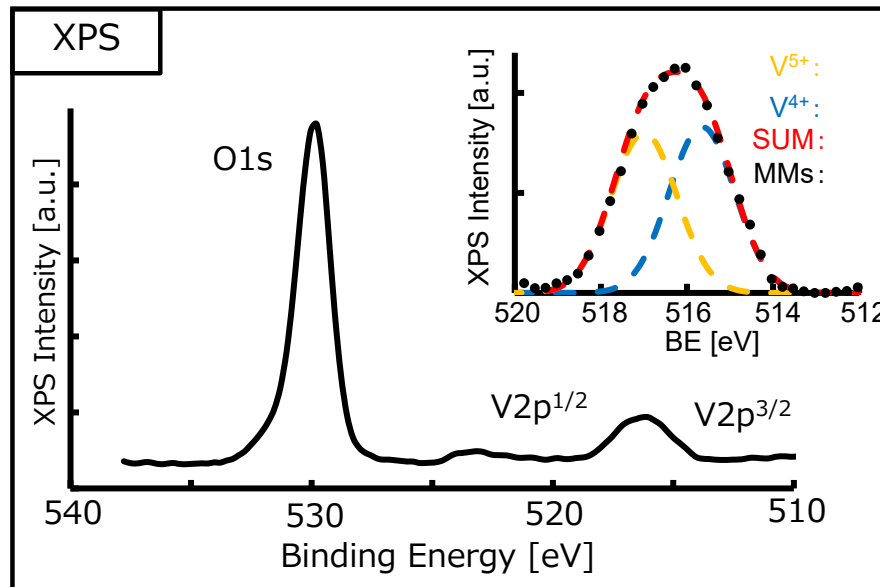
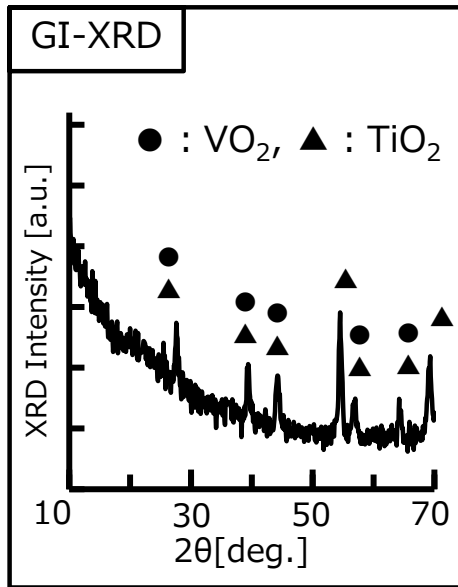
## 溶液塗布熱分解法の特徴

◎ 溶液塗布熱分解法を用いたVO<sub>x</sub>の作製

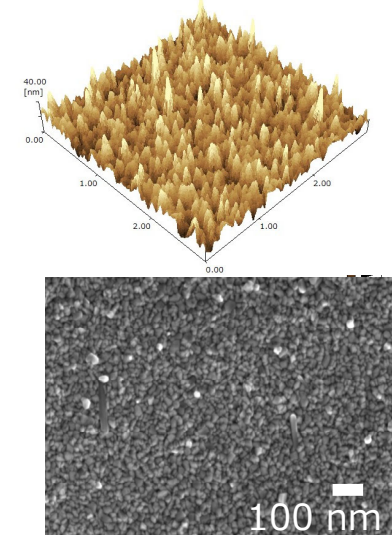


- 真空装置が不要 → 工場設備投資を抑制
- 溶液プロセスは大面積／フレキシブル基板への高い適応

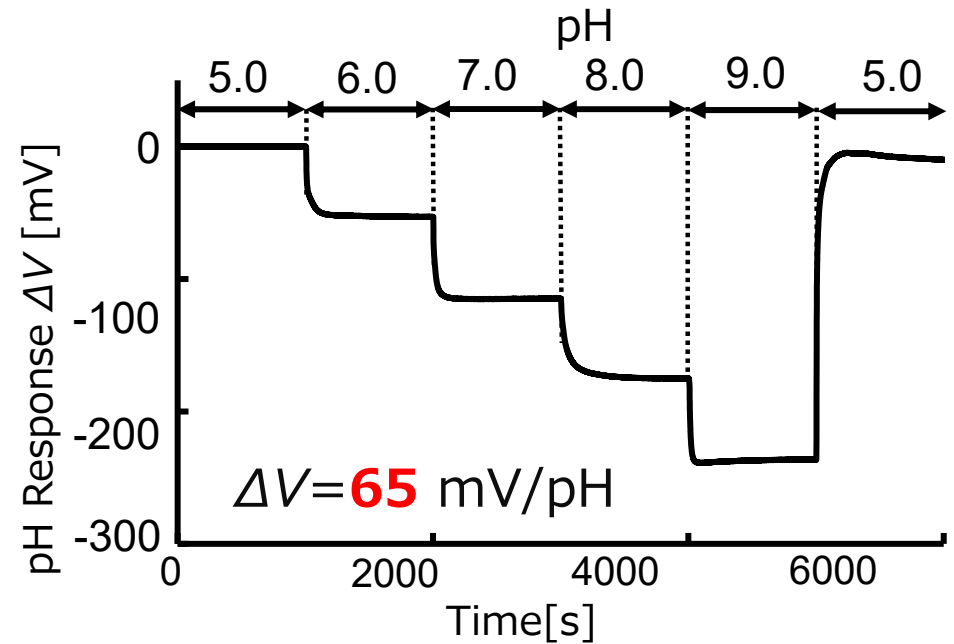
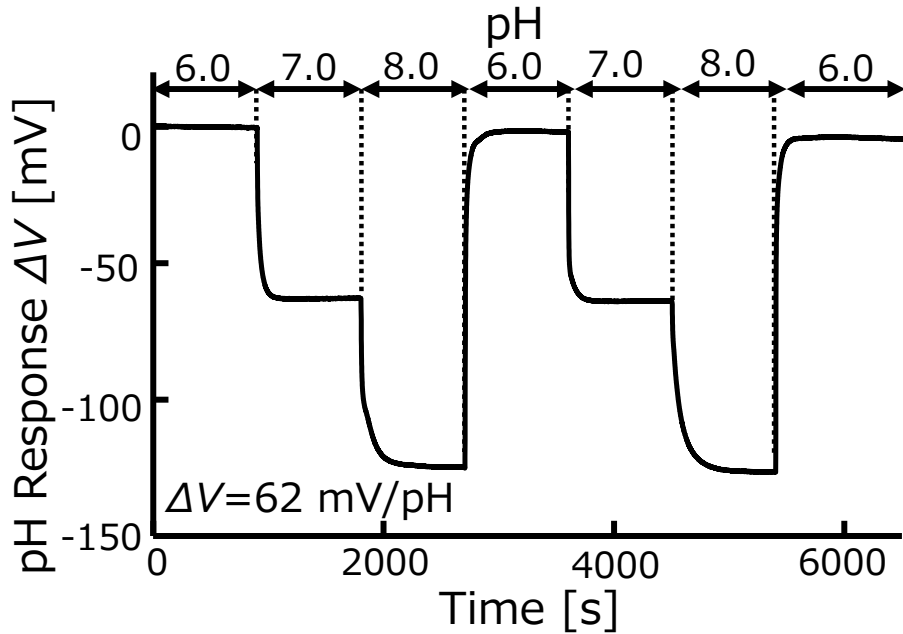
# 作製できる典型的なVox膜の特徴



表面観察(AFM&SEM)



## VO<sub>x</sub>膜を用いてpHセンサ特性

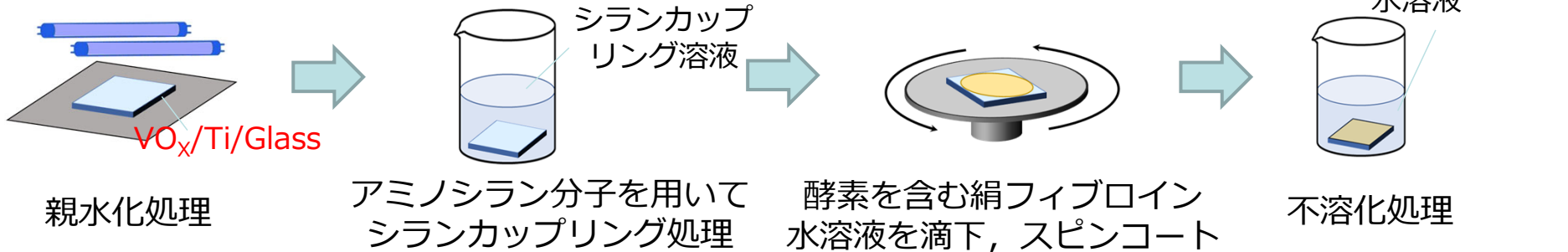


非晶質のVO<sub>x</sub>薄膜を作製し、pHセンサー応用することで、ネルンスト限界値(58.7 mV/pH)を超える高い感度を得た

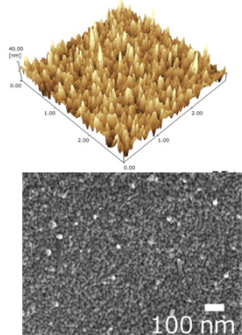
Y. Tate, et al . , *JJAP* **63**, 11SP13 (2024).

# 本技術のバイオセンサ作製プロセス

## ◎ センサーの作製過程

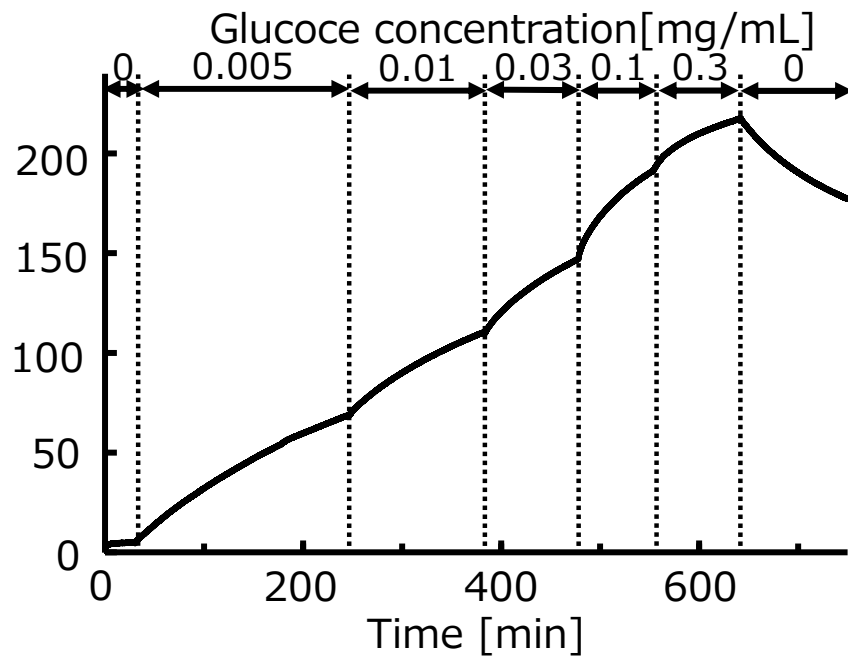


表面観察(AFM&SEM)

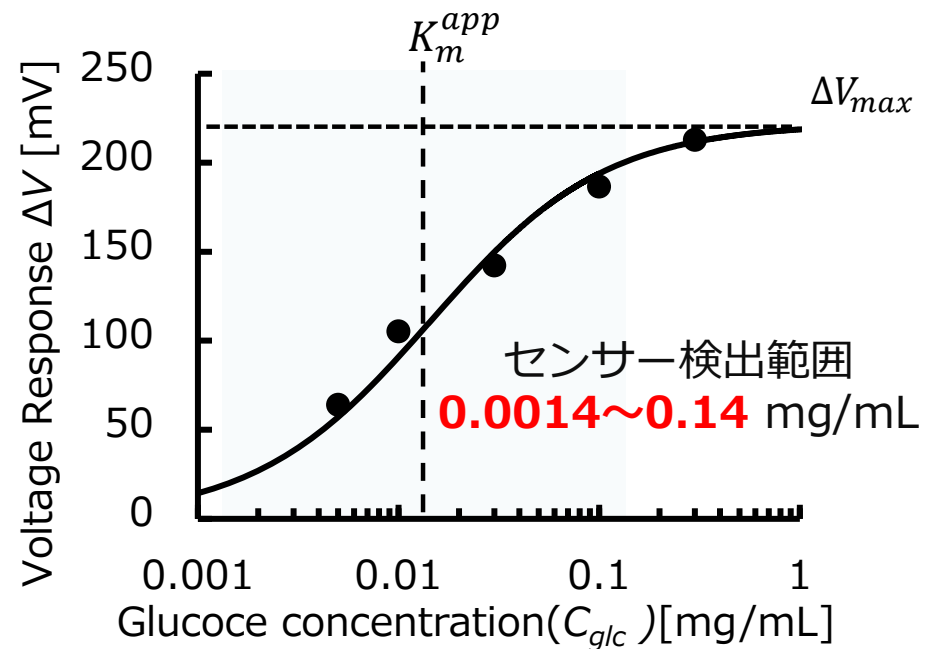


# 本技術で作製したバイオセンサの特性

◎ グルコースに対する電圧応答

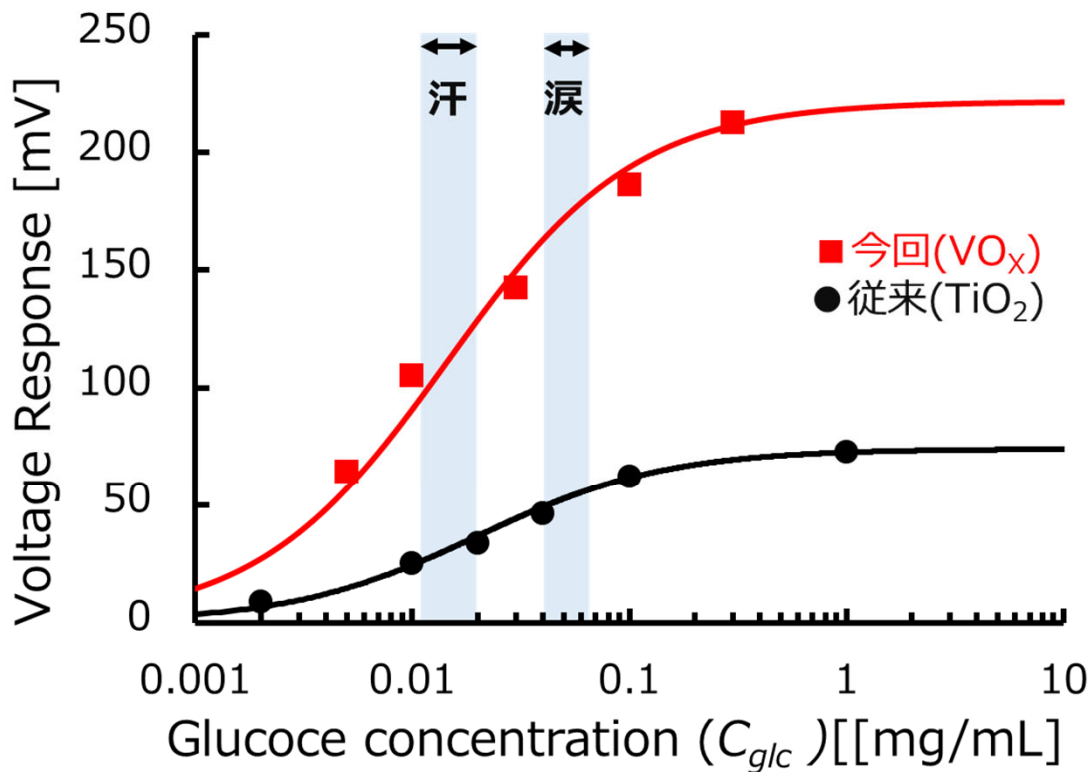


◎ ミカエリス・メンテン式によるシグモイド曲線



# 従来技術との比較

◎ ミカエリス・メンテン式によるシグモイド曲線での性能比較



(グルコース濃度)  
汗 : 0.011~0.002 mg/mL  
涙 : 0.041~0.068 mg/mL

今回 (VO <sub>x</sub> )	{	$\Delta V_{max} = 222 \text{ mV}$ $K_m^{app} = 0.014 \text{ mg/mL}$
従来 (TiO <sub>2</sub> )	{	$\Delta V_{max} = 74 \text{ mV}$ $K_m^{app} = 0.02 \text{ mg/mL}$

- 従来のセンサーより低濃度の**検出感度が増加**した
- 検出範囲がより**低濃度側にシフト**

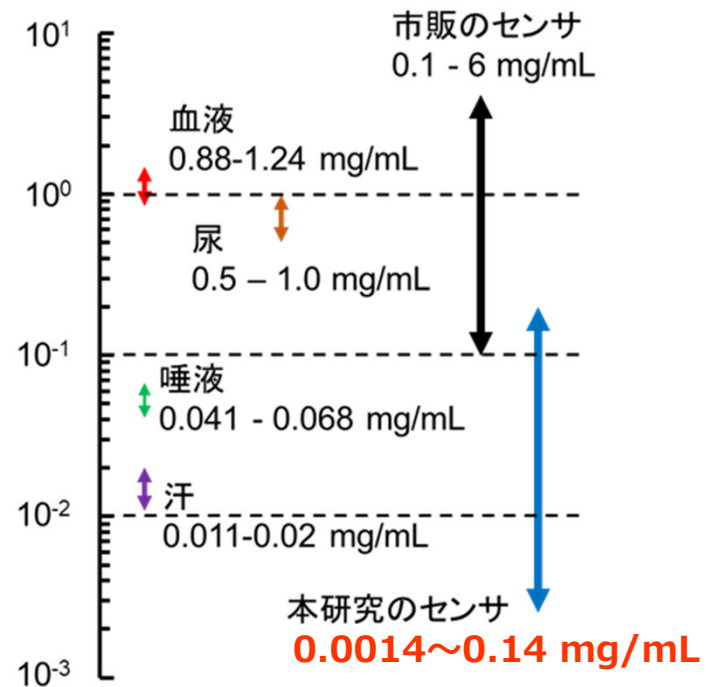
## 本技術のpoint

### アモルファス VOx

- 結晶性が低く、電子移動度・表面活性が高い
- 5–300 nm厚さで制御可能

### シルクフィブロイン包埋法

- 酵素の構造を保護し、安定化
- 生体相容性・柔軟性が高い

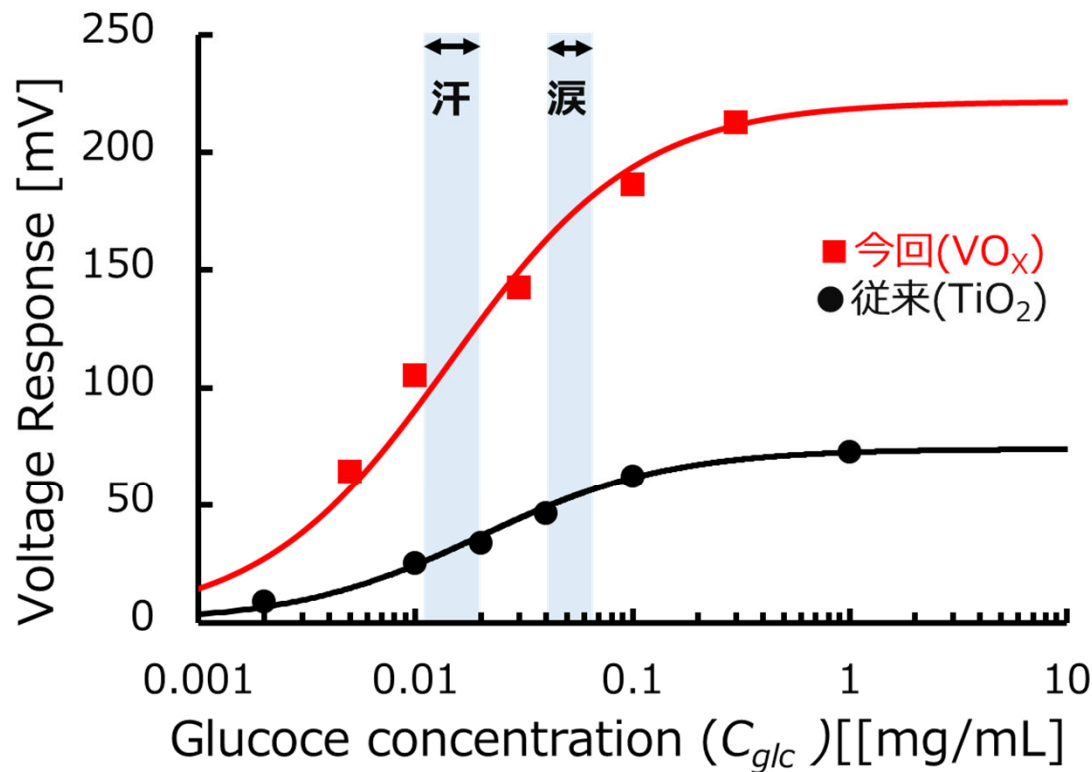


## 新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術の問題点であった、検出感度と検出電圧を $V_{OX}$ を使用することで感度向上に成功。
- 従来は検出電圧の点で増幅回路が必要であったが、電圧感度を焼く2.5倍まで性能が向上できたため、測定回路の簡易化することが可能となった。

# 従来技術との比較

◎ミカエリス・メンテン式によるシグモイド曲線での性能比較



(グルコース濃度)  
汗 : 0.011~0.002 mg/mL  
涙 : 0.041~0.068 mg/mL

今回 (VO <sub>x</sub> )	{	$\Delta V_{max} = 222 \text{ mV}$ $K_m^{app} = 0.014 \text{ mg/mL}$
従来 (TiO <sub>2</sub> )	{	$\Delta V_{max} = 74 \text{ mV}$ $K_m^{app} = 0.02 \text{ mg/mL}$

- 従来センサーより低濃度の**検出感度が増加**した
- 検出範囲がより**低濃度側にシフト**

## 想定される用途

- 本技術の特徴を生かすためには、印刷やプリンタブル技術に適用することで大量生産のメリットが大きいと考えられる。
- 上記以外に、フレキシブルセンサの使い捨て測定により継続的な需要が得られることも期待される。
- また、達成された感度や性能に着目すると、血糖値だけでなくや農業分野や環境分野のバイオマーカ測定に展開することも可能と思われる。

## 実用化に向けた課題

- 現在、バイオセンサについて高感度なグルコース濃度測定が可能なところまで開発済み。
- しかし、妨害物質や人体での測定は未解決である。
- 今後、妨害物質についての応答について実験データを取得し、実用環境に適用していく場合の条件探査を行っていく。
- 実用化に向けて、フレキシブル基板上への作製技術を確立する必要もあり。

## 社会実装への道筋

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装へ取り組みについて記載
基礎研究	<ul style="list-style-type: none"><li>・下地電極の作成条件が確立</li></ul>	
現在	<ul style="list-style-type: none"><li>・血糖値(グルコース)センサの高感度化が実現</li></ul>	
3年後	<ul style="list-style-type: none"><li>・グルコース以外のバイオマーカーへの拡充</li><li>・各種の酵素固定化に関する知見が充実</li><li>・フレキシブル基板への成膜技術の開発</li></ul>	
5年後	<ul style="list-style-type: none"><li>・バイオセンサの主要特性の評価</li><li>・フレキシブル化センサ化を実現</li></ul>	例: 評価基礎データの提供 サンプル提供が実現

## 企業への期待

- 未解決のフレキシブル化については、参加プロセスの低温化技術により克服できると考えている。
- プラズマ等の低温酸化プロセス技術や印刷技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、フレキシブル回路を開発中の企業、バイオセンサ分野への展開を考えている企業との共同研究を希望。

## 企業への貢献、PRポイント

- 本技術は塗布成膜が可能のため、低コストでバイオセンサを製造できる可能性があり、企業に貢献できると考えている。
- 本技術の導入にあたり必要な追加実験を行うことで科学的な裏付けを行うことが可能。
- 本格導入にあたっての技術指導等

## 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : バイオセンサ
- 出願番号 : 特願2025-030899
- 出願人 : 学校法人常翔学園
- 発明者 : 廣芝伸哉、小池一步、楯凱貴

# お問い合わせ先

大阪工業大学  
研究支援社会連携推進課

T E L 06-6954-4140

e-mail [OIT.Kenkyu@josho.ac.jp](mailto:OIT.Kenkyu@josho.ac.jp)