

口腔内マルチイオン測定マイクロデバイスのための カルシウムイオン選択電極の作製

Fabrication of calcium ion selective electrode for intraoral multi ion measurement microdevice

東京工業大学未来産業技術研究所 齊藤滉佑, 石原昇, 柳田保子

東北大学大学院歯学研究科 真柳弦, 鷲尾純平, 高橋信博

Tokyo Tech., FIRST., Kosuke Saito, Noboru Ishihara, Yasuko Yanagida

Tohoku University Graduate School of Dentistry., Gen Mayanagi, Jyumpei Washio, Nobuhiro Takahashi

E-mail: yanagida.y.aa@m.titech.ac.jp

1. 研究背景・目的

歯面に付着するバイオフィルム中の細菌が糖代謝し、産生した酸により歯の表面が脱灰されてう蝕が生じる。従って、歯質脱灰、う蝕を検討する際に pH やカルシウムイオン(Ca^{2+})濃度などを同時かつ連続的に測定することが重要である。本研究では、口腔内微小環境にて連続的に Ca^{2+} 濃度変化を測定可能なマイクロデバイスの開発を目的とし、 Ca^{2+} 感応膜の作製と、イオン選択電極(Ion Selective Electrode, ISE)の小型化、口腔内環境での使用について検討した。

2. 研究成果

2.1 Solid Contact Ion Selective Electrode(SC-ISE)の作製

SC-ISE の小型化とイオン選択膜の基板密着性の向上のため基板をポリイミド(PI)フィルムからポリエチレンテレフタレート(PET)フィルムに変更した。導電性ポリマー(PEDOT-PSS)をイオン-電子交換体として用いた。PET フィルムに Au を蒸着してこれまではリフトオフ法を用いて Au 電極を作製したが、簡易作製のために 4mm 幅に切った Au 電極を、センサー部を開けたフィルムでラミネート加工して電極を作製し、薄型、絶縁性を両立した。センサー部に導電性ポリマーとイオン選択膜カクテルを滴下・乾燥し、イオン-電子交換体とイオン選択膜の層を形成し、SC-ISE を作製した。参照電極の作製は銀/塩化銀(Ag/AgCl)インクを用いた。比較にイオン選択膜を Au 電極に直接成膜した Coated Wire ISE(CW-ISE)を用いた。

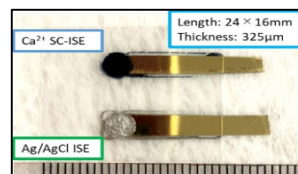


Fig.1 View of the device

2.2 応答性評価

Ca^{2+} 標準溶液($1.0 \times 10^{-5} \sim 10^{-1}\text{M}$)を用い 1.0s ごと CWISE, SC-ISE の計 2 電極の電位を測定し Ca^{2+} 濃度依存性を確かめた。それぞれ $62.3\text{mV}/\log[\text{Ca}^{2+}]$, $63.3\text{mV}/\log[\text{Ca}^{2+}]$ の傾き、動作範囲は両方、 $1.0 \times 10^{-3} \sim 10^{-1}\text{M}$ であった。これまで SC-ISE は $1.0 \times 10^{-3}\text{M}$ 以下で電位が上昇し動作範囲が $1.0 \times 10^{-2} \sim 10^{-1}\text{M}$ であったが、測定前に $1.0 \times 10^{-6}\text{M}$ Ca^{2+} 溶液に 12 時間浸すことで電位の上昇が抑えられ動作範囲が向上した。妨害イオン存在、溶液温度、pH 変化環境下でもイオン濃度応答性がみられた。

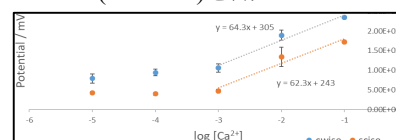


Fig.2. Potential response of ISE

3. まとめ・展望

今回作製した SC-ISE は薄型化、構造を簡素にしながら前回作製した SC-ISE と比較して動作範囲を向上させることができた。また、妨害イオン存在下、溶液温度、pH 変化時の計測を行った結果から、本電極を用いた口腔内測定が可能であると考えられる。今後はさらなる動作範囲の向上、実際の使用時の耐久性、マルチイオン測定のための検討が必要である。

本研究は JSPS 科研費 19K10418 の助成ならびに文部科学省生体医歯工学共同研究拠点の支援を受けて行われた。

参考文献

- 1) Wei Gao, et. al. *Nature* **529**, 509–514 (2016)