# ナノポーラス構造を有するアルミナ薄板を用いた PVC 膜型 $K^+$イメージセンサの製作と空間解像度の検討

# Fabrication of PVC membrane-based $K^+$ image sensor using aluminum thin plate with nanoporous structure and investigation of spatial resolution

豊橋技科大，°倉持 圭汰，土井 英生，堀尾 智子，崔 容俊，
高橋 一浩，野田 俊彦，澤田 和明

Toyohashi Univ. of Tech., K. Kuraomchi, H. Doi, T. Horio, Y. -J. Choi,
K. Takahashi, T. Noda, K. Sawada

E-mail: kuramochi.keita.no@tut.jp

細胞外カリウムイオン($[K^+]_O$)は，膜電位の制御やシナプス伝達と深く関わっており，$[K^+]_O$ 分布の高精細イメージング技術の開発により神経科学や脳科学への貢献が期待できる．本研究グループでは，液中の $K^+$拡散を非標識でリアルタイムに観察可能な PVC 膜型の $K^+$イメージセンサを開発し[1]，脳組織を用いた計測実験を通じて，膜厚が細胞外応答の空間解像度に強く影響する可能性を実証してきた[2]．一方，$[K^+]_O$ の高解像イメージングのためには，イオン濃度変化に応じて感応膜内部で生じる $K^+$電荷密度の空間的な広がりを物理的に抑制する必要がある．本研究では，ナノポーラス構造を有するアルミナ薄板を用いた $K^+$イメージセンサを製作し，空間解像度を検討した．

本研究では，ポーラス径 350 nm，膜厚 50 μm のナノポーラスアルミナ薄板に $K^+$感応膜を内包した機能膜を製作し，画素ピッチ 30 μm の電位検出アレイセンサ上に形成した．事前にセンサ上へ感応膜溶液を滴下成膜し密着層を形成後，感応膜溶液に 30 分間浸漬させたアルミナ薄板を接着させ 12 時間乾燥させた（図 1）．$K^+$応答を計測した結果，センサの電位応答は良好な濃度依存性を示し(出力感度：45 mV/dec.)，$K^+$イメージセンサとして機能することを実証した．次に，空間解像度を評価するため，生体組織を模倣した 4×4 mm の ガイド付き $K^+$ゲル（KCl 含有濃度：30 mM）を製作し，アルミナ薄板の有無によるセンサの画像応答を比較検討した．その結果，アルミナ薄板なしのセンサの画像は，ゲル配置後にガイドから広がるように変化したが，アルミナ薄板搭載型センサでは，ガイドを起点に明瞭な画像応答が得られた（図 2）．出力画像の変化を時空間解析した結果，アルミナ薄板なしのセンサでは，時間経過に伴いブロードな電位曲線を示した．一方，アルミナ薄板搭載型センサでは，シャープな形状を維持していた．これは，感応膜内部で生じる $K^+$電荷密度の空間的な広がりが抑制されていると考えられ，ナノポーラスアルミナ薄板が $K^+$応答の空間解像度向上に有用である可能性を示した．

謝辞：本研究は，JST， OPERA，JPMJOP1834，および JSPS 科研費 JP18H03778 の支援を受けたものです．

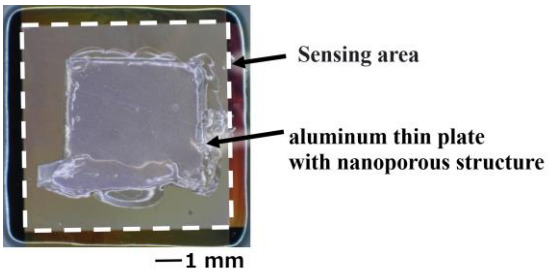


Fig.1. Optical microscope image of the fabricated sensor.

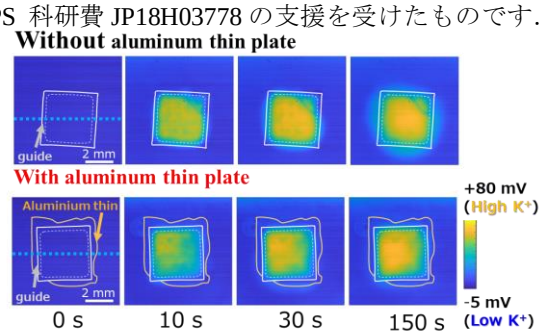


Fig.2. Temporal change of the output image.

[1] A. Kono et al., Sensors and Actuators B: Chemical, 201, pp.439-443, 2014.
[2] H. Doi et al., IEEE sensors2022, B2L-02, 2022.