

酵素発電システムを搭載したイオントフォレシスパッチの開発

Iontophoresis Patch integrated with Enzymatic Biofuel Cells

○松坂 広太郎、小川 雄大、長峯 邦明、西澤 松彦（東北大院工）

○Kohtaro Matsuzaka, Yudai Ogawa, Kuniaki Nagamine, Matsuhiko Nishizawa (Tohoku Univ.)

E-mail: matsuzaka@biomems.mech.tohoku.ac.jp

皮膚の表面に貼り薬剤を投与する経皮投薬パッチは、患者自ら使用して薬剤を必要箇所へ簡便に投与可能とする。一方、薬剤の皮膚内への浸透が数 $10\ \mu\text{A}$ の微弱電流で数倍から数 10 倍に加速される効果が認められており、医療現場における薬剤の高速投与に利用されてきた。この加速効果は、微弱電流で加速した皮下組織液の流れに乗った薬剤浸透の結果であり、イオントフォレシスと呼ばれる現象である。本現象の誘導に必要な電源、及び給電用配線を小型化し経皮投薬パッチへ搭載することは、家庭用セルフケアデバイスとしての使用を可能とし、汎用性向上につながる。本研究では、有機材料のみで構成された生体、環境に優しいパッチデバイスを目指し、酵素反応で駆動する小型のバイオ発電機構を搭載した経皮投薬パッチを開発した。

図 1a に、本研究で開発した経皮投薬パッチの構成を示す。本デバイスは、薬剤、燃料、及び電解質を多く含むハイドロゲル、酵素を炭素繊維布に固定し作製したアノード／カソード、両電極間の電子伝導を担うゴム製抵抗体（ウレタンゴムと導電性高分子の複合材料）から構成され、poly(dimethylsiloxane) (PDMS) 製フレームと共に酸素透過性メディカルテープでデバイス要素を皮膚に貼り付けることで一体化した。デバイスを皮膚に貼ると両電極間が皮膚の組織液で繋がり、アノードでは燃料のフルクトースの酸化反応、カソードでは酸素の還元反応が進行し皮膚を通したイオンの流れを生じる。皮膚は弱く負に帯電しているため、皮下では主にアノードからカソードに向かう一方の陽イオンの流れが生じる。これにより生じる皮下組織液の流れに乗りアノード側からの薬剤の放出が加速される(図 1b,c)。

作製したデバイスはブタ皮膚上において、最大電流密度は $350\ \mu\text{A cm}^{-2}$ であった。この出力は、イオントフォレシスを生じるのに十分な電流であり、かつ皮膚の痛みを伴わない安全な出力である。また、電極間抵抗体に導電性ゴムを用いることで、関節部の曲げにより断線しない伸縮性のデバイスを作製できた。モデル薬物であるローダミン B、及び鎮痛剤リドカインのブタ皮膚への薬剤浸透を評価した結果、バイオ発電による薬剤浸透の加速効果を確認することができた。

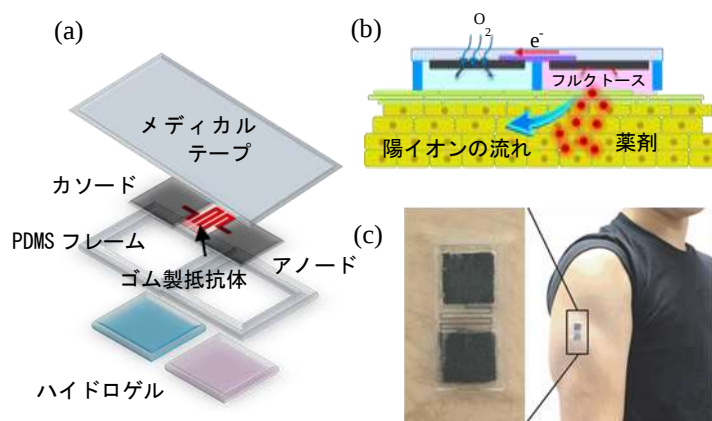


図 1 (a) 経皮投薬パッチの構成. (b) バイオ燃料電池による薬剤導入のイメージ図. (c) 経皮投薬パッチの写真.