


皮膚イオントロニクス工学の開拓

	研究代表者	東北大学・工学研究科・教授 西澤 松彦（にしざわ まつひこ） 研究者番号:20273592
	研究課題 情報	課題番号：22H04956 研究期間：2022年度～2026年度 キーワード：皮膚バリア機能、皮膚炎症、マイクロニードル、セルフ服薬

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の全体像

神経細胞（脳）や筋細胞（心臓）の計測と制御の技術開発を永く行ってきたが、7年ほど前に「皮膚」も電氣的（イオン）であることを学び衝撃を受け、神経・筋肉系で磨いた電極技術の応用によって、皮膚疾患の電氣的な診断と治療技術を開発する研究をスタートした。皮膚は、人工デバイスと生体との界面でもあり、両者の物質的な差異「ハード・ドライ⇔ソフト・ウェット」およびメカニズムの差異「電子駆動⇔イオン・分子駆動」を仲立ちするイオントロニクス技術の開拓が必要である。本研究では、皮膚（生体-デバイス界面）におけるマルチ変換を可能とする独自技術（ハイドロゲル電極、バイオ電極、多孔性マイクロニードル、電気浸透流ゲル など）を駆使して、皮膚感覚・皮膚機能のメカニズムの探求を進める。そして、皮膚親和性の高いパッチ型デバイスによる皮膚医療および皮膚を通した全身医療の開拓に貢献する。



図1 研究の全体像：背景、研究を特徴づける独自のイオントロニクス技術、および皮膚機能の探索と治療デバイスの開発

●皮膚機能をピンポイントアクセスで探る

研究代表者は、多孔質材料によるマイクロニードルを作製し、その側面を被覆することによって、先端部が0.002mm開口した「先端開口マイクロニードル」を実現している。これを活用すると、皮膚表層（表皮）のピンポイントへの電気刺激や分子注入（起痒分子、アレルゲンなど）が可能になると期待できる。また、これらのピンポイント刺激に対する皮膚応答を、表皮電位の変化や皮膚内分子種の分析で追跡する際にも、先端開口マイクロニードルは威力を発揮する。

この皮膚内へのピンポイントアクセスを可能とするマイクロニードルは、本研究の実験計画を支える中核技術であり、その他の独自技術との組み合わせによって、皮膚イオントロニクス工学の開拓を具体的に推進することができる。ハイドロゲル電極と組み合わせた表皮電位の計測、ピンポイントの注入・サンプリングを高効率化する電気浸透流ゲル、酵素バイオ電池による駆動で実現するオール有機のセルフメディケーションデバイスの作製などである。

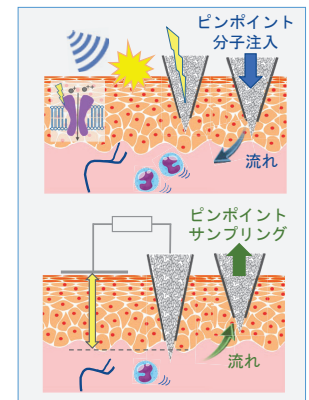


図2 皮膚内へのピンポイントアクセス

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

●皮膚イオニクスの探求からデバイス開発まで

研究の前半では、皮膚のバリア機能および炎症・痛み・痒みのメカニズムを探求して、症状の緩和や治療に有効な刺激を行う新しい治療法やセルフケアデバイスの開発に繋げる（図3の①②）。また、研究の後半では、アトピーなどの全身性皮膚炎や成人病・精神性疾患に対する皮膚「局所」からの刺激の有効性も探る（図3の③）。一方で、飲み忘れや誤飲を防ぐ経皮投薬や、簡便なワクチン、のためのメディケーションデバイスの開発も進める。バイオ電池の搭載で実現する有機物のみを使い捨てパッチは、災害時や途上国でも利用可能である（図3の④）。皮膚親和性に優れたニードルパッチの創出によって、人生100年時代の基盤となる、リモートセルフ医療の充実に貢献したいと考えている。

- ① 皮膚バリア機能の自律的な改善・保持  
表皮電位計測によるメカニズム探求 ⇒ 治療法・デバイス開発
- ② 皮膚の炎症・疼痛・痒み  
刺激による緩和メカニズムの探求 ⇒ 治療法・デバイス開発
- ③ 全身性の炎症・疾患との連環を探求
- ④ 自己服薬・皮内ワクチンデバイスの開発  
⇒ バイオ電池駆動で環境親和性のオール有機デバイス



図3 研究目標：皮膚イオントロニクス技術で皮膚機能を探索し新規な治療法と治療デバイスを創出する