

未来社会創造事業 探索加速型  
「世界一の安全・安心社会の実現」領域  
終了報告書(探索研究)

H30 年度 終了報告書
-----------------

平成 29 年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：西澤 松彦]

[国立大学法人東北大学大学院工学研究科・教授]

[研究開発課題名：スマート健康パッチによる水分マネジメント]

実施期間：平成 29 年 11 月 1 日～平成 31 年 3 月 31 日

## § 1. 研究実施体制

### 【記載例】

#### (1)「西澤」グループ(東北大学)

① 研究開発代表者: 西澤 松彦 (東北大学工学研究科、教授)

#### ② 研究項目

- ・伸縮性バイオセンサの開発
- ・ハイドロゲル電極の開発
- ・分子透過性マイクロニードルアレイの開発
- ・体水分(汗、間質液など)の「量」と「質(成分)」を計測するスマート健康パッチの開発

#### (2)「田中」グループ(東北大学)

① 主たる共同研究者: 田中 徹 (東北大学医工学研究科、教授)

#### ② 研究項目

- ・フレキシブルデバイス用の極微小 IC 開発
- ・体内水分マネジメント用センサの通信・解析・表示技術の開発
- ・発汗マネジメント用センサの通信・解析・表示技術の開発

## § 2. 研究実施の概要

人体の最も基本的な要素である「水分」をターゲットとするモニタリングシステム・サービスの創出を目指し、各種センサの開発に取り組んだ。ターゲットとする「水分」は、体内水分(間質液)と汗であり、それぞれの「量」と「質(成分)」をセンシングし、適切な行動の提示(運動・休憩・給水・通院など)、ならびに家族・医師・介護者などへの自動的な情報共有が可能なヒューメインシステムによる健康・安心社会の創造に貢献するのが将来的な目標である。本研究で得られた具体的な成果は、①イオン伝導性を有するポーラスマイクロニードルアレイ(ポーラスMNA)で実現した間質液量(むくみ)の計測、および②柔軟で伸縮可能な酵素電極で実現したウェアラブルな汗中乳酸センサである。それぞれの概要を以下に説明する。

皮膚角質層下へイオン伝導性の短絡を得るために、ポロジェン法で調製するマイクロポーラス材料によってマイクロニードルアレイを作製し、イオン伝導性を十分に有しながら、皮膚への刺入に耐える機械強度を持つニードルを実現した。角質層(20 $\mu\text{m}$ )を十分に貫くようにニードル長さは100 $\mu\text{m}$ とし、各ニードルに400 $\mu\text{m}$ 長さの支柱を設けることで、弾性を有する皮膚への押し込みによる伸張によって高確度で刺入するようにした。これを用いて、表皮層のDC抵抗値によってむくみの局所計測が可能であることを示し、無線装置化にも取り組んだ。局所水分量(むくみ)の計測意義は多様である。四肢の日常むくみを計測して解消の動機付けを行なうシステムは、健康人の日常QOL向上に加えて、高齢者においては、夜間頻尿(4500万人)の悩み解消につながると期待できる。また、循環器系疾患(心不全)に由来する異常むくみ(浮腫)は予後管理を支える重要な指標であり、簡便な計測法の開発が求められている。加えて、腎不全患者の透析治療中の水分管理にも有効な技術だと期待できる。今回実現した新原理の局所むくみ計測は水分量の変化モニタには有用であるが、実用レベルの定量性を得るためには、ポーラスMNAの刺入状態

の安定化が必要であり、そのための貼付技術の改良を進めている。

伸縮性布地をカーボンナノチューブで導電性とし、乳酸オキシダーゼを修飾したアノードとビリルビンオキシダーゼを修飾したカソードからなる伸縮性バイオ電池を実現した。さらに、布地製の酵素電極が液体透過性であることを利用し、アノード・カソードを積層することで検体（汗）が少量であっても乳酸が検出可能であることを示すことが出来た。

[局所むくみセンサ] “An Array of Porous Microneedles for Transdermal Monitoring of Intercellular Swelling” K. Nagamine, J. Kubota, H. Kai, Y. Ono, M. Nishizawa, *Biomedical Microdevices*, 19 (2017) 68-74.

[伸縮性乳酸センサ] “Fluid-Permeable Enzymatic Lactate Sensors for Micro-Volume Specimen” H. Kai, Y. Kato, R. Toyosato, M. Nishizawa, *Analyst*, 143 (2018) 5545-5551.