

バイオ・ナノ電気化学計測システムの開発と応用に関する研究

Development of Biomedical/Nanoelectrochemical Sensing Devices and Their Applications



教授 末永 智一
Professor
Tomokazu Matsue

Micro/nano-devices address demands to a great extent in bioprocess science and engineering for fast and accurate analytical information. We have developed micro/nano-electrochemical systems for biomedical applications and evaluation of electrochemical energy materials including secondary batteries. We have achieved to develop highly sensitive chip devices with electrodes for bioanalysis. Further, our self-developed electrochemical microscope, called nanoSECCM, can characterize electrochemical properties in micro/nanometer scale as only one system with spatial resolved analytical system for electrochemical reactions. These devices greatly contribute to environmental, medical and electrochemical applications.

研究概要

本分野では、新規バイオ計測デバイスやナノ計測システムを創って、次世代医療・バイオテクノロジー・蓄電デバイス開発を支える研究を行っている。本年は、引き続きチップ型デバイスを開発し、細胞活性を含むバイオサンプルを計測した。また、独自開発した計測技術であるナノ電気化学顕微鏡を開発し、ナノメートルスケールで起こるエネルギー材料の界面反応機構の解明や細胞表面の動的変化の観察に成功した。これらの研究成果を多くの学会や学術論文で発表した。

1. ヘルスケア・安全安心のための簡易計測システムの開発

医療の安全を守るためのエンドトキシン検出デバイスの開発を企業との共同研究で実施した。また、尿中のたんぱく質および電解質をトイレで簡易に計測するための検出方法を COI プロジェクトで検討した。また、バイポーラ電極システムを応用し、カーボンナノチューブアレイや簡単な構造のチップでマルチ電気化学計測を行うことができる新しい手法を考案し、一部の技術について特許出願を行った。さらに、AMED プロジェクトでは、簡易な医療検査を目指したヤヌス粒子を用いるイムノアッセイシステムについて、AIMR・医学部・企業と共同で開発を進めた。また、タンパク質吸着の少ないダイヤモンド電極の微細パターンを作製して、細胞のアポトーシスを検出する方法の検討を

行った。また、薬学研究科との共同研究で、疾病に関連する血中プロテアーゼの検出方法について研究を行った。さらに、脳内のグルタミン酸とアセチルコリンを同時検出できる電気化学測定法の検討を行った。

2. バイオ LSI を用いるイメージングシステムの開発

マイクロシステム融合研究開発拠点で以前に開発をしたバイオ LSI を用いて、細胞の呼吸とドパミン放出など、複数の項目を同時に検出可能なマルチカラー検出システムを考案した。また、バイオ LSI 上に交互楡形電極アレイを作製し、アスコルビン酸などの妨害物質の影響を排除してドパミンを選択的に検出するシステムを検討した。

3. ナノ電気化学顕微鏡システムの開発：エネルギー材料やバイオサンプルの局所機能可視化

電気化学反応は、エネルギー材料からバイオサンプルまで幅広い分野で起こる現象であり、これらの反応機構をナノメートルスケールで評価可能な新奇ナノ電気化学顕微鏡システムの開発を行ってきた。JST-ALCA プロジェクトでは、低炭素化社会を実現向け、電気化学顕微鏡から得られる知見を高機能性リチウムイオン電池の材料設計に反映することを狙い、研究を行った。電極表面で起こるリチウムイオンの脱挿入過程を局所領域で可視化するナノ電気化学セル顕微鏡を開発し、

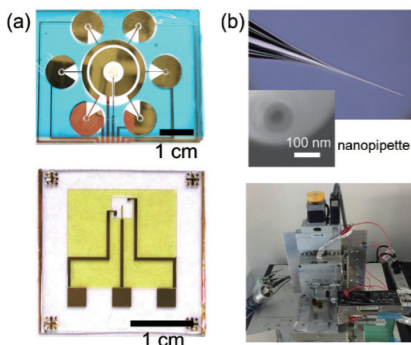


Fig1. Chip Devices with Electrode and Electrochemical Microscopy

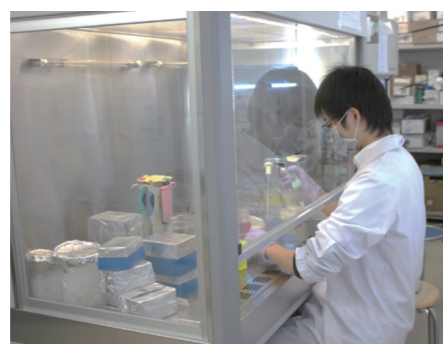


Fig2. Cell Culture in Clean-bench



Fig3. Electrochemical Analysis by Micro/Nano-devices



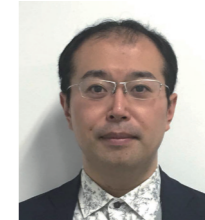
教授 珠玖 仁 (工学部)
Professor
Hitoshi Shiku



講師 井上 久美
Senior Lecturer
Kumi Y. Inoue



助教 伊野 浩介
Assistant Professor
Kosuke Ino



助教 熊谷 明哉
Assistant Professor
Akichika Kumatani



客員研究員 李 菲 松平 昌昭 伊藤-佐々木 隆広 佐藤 さつき 堀口 佳子
研究アドバイザー 博士研究員 博士研究員 研究補佐員
研究補佐員 研究補佐員 研究補佐員 研究補佐員 秘書
上田 麻衣子 古林 庸子 寺崎 恵子 吉田 梨江 沖 知子

空間分解能を有する電気化学測定技術を確認し、バルク測定では捉えられない反応性を計測し、電極材料設計に新たな指針を示した。また、AMED プロジェクトでは、非侵襲・非接触で細胞表面の形状の動的変化を測定可能な高解像度走査型イオンコンダクタンス顕微鏡の開発を行った。これにより、細胞表面に負荷を与えることなくその動的変化を通常の約 50 倍の速度で観測可能となった。

社会貢献

平成 28 年 7 月 27 日 (水)、28 日 (木) にオープンキャンパスにおいて、参加実験「マイクロ・ナノデバイスによる細胞機能解析」を行った。

共同研究

平成 28 年は以下の機関と共同研究を行った。
学内：工学研究科、医学系研究科、薬学研究科、原子分子材料科学高等研究機構、流体科学研究所、多元物質科学研究所、マイクロシステム融合研究センター、大学病院、東北メディカルメガバンク機構、革新的イノベーション研究機構
学外研究機関：東北工業大学、兵庫県立大学、首都大学東京、金沢大学、東京理科大学、産業技術総合研究所、(独) 物質・材料研究機構、Imperial College London (英国)、University of Warwick (英国)、Harvard University (米国)、Florida International University (米国)、西安交通大学 (中国)
企業：電力中央研究所、クリノ、日本航空電子工業、トヨタ自動車、日立製作所、和光純薬、北斗電工、トッパンテクニカルデザイン、アイティリサーチ、大日本印刷、生化学工業、ナノコントロール、パナソニック、東芝、三井化学分析センター、日産化学工業、日本電波工業

学会発表等

平成 28 年は国内外の学会等で基調講演 2 件、招待講演 4 件、特別講演 1 件を含む、70 件以上の発表を行った。

主な継続中の研究事業

- ・AMED 先端計測分析技術・機器開発プログラム「抗原修飾ヤヌス粒子による簡易計測装置」(平成 28 - 31 年度)
- ・基盤研究 (A) 「マルチスケール化を実現するハイブリッド電気化学バイオイメージングシステム」(平成 28 - 30 年度)
- ・イノベーション創出プログラム (COI STREAM) 「さりげないセンシングと日常人間ドックで実現する理想自己と家族の絆が導くモチベーション向上社会創生拠点」(平成 25 - 34 年度)
- ・JST ALCA 「界面イオン伝導顕微鏡を用いたリチウムイオンセンサーの in-situ 観察と高エネルギー密度 LIB の開発」(平成 25 年 - 31 年度)
- ・AMED 先端計測分析技術・機器開発プログラム「超高解像度電気化学イオンコンダクタンス顕微鏡の開発」(平成 24 - 28 年度)
- ・地域イノベーション戦略支援プログラム・次世代自動車宮城県エリア (文部科学省) (平成 24 - 28 年度)
- ・マイクロシステム融合研究開発拠点 (科学技術振興調整費、先端融合領域イノベーション拠点) (平成 19 - 28 年度)
- ・基盤研究 (B) 「多機能ナノピペット探針の電気化学的物質輸送制御と 1 細胞分析への応用」(平成 27 - 29 年度)
- ・若手研究 (A) 「分子電気化学スイッチ素子の開発と電気化学バイオイメージングへの応用」(平成 27 - 29 年度)
- ・若手研究 (A) 「ナノ電気化学イメージングによる二次元電子系材料の触媒活性の可視化」(平成 28 - 31 年度)

受賞

- ・菅野佑介 (D3)、科学計測振興基金、多元物質科学奨励賞
- ・孫思祥 (M2)、第 29 回東北若手の会 (電気化学会東北支部主催)、ポスター賞
- ・三浦千穂 (M1)、みちのく分析科学シンポジウム 2016 (日本分析化学会東北支部主催)、ポスター賞
- ・阿部博弥 (D1)、AsiaNano2016、Pan Stanford Publisher Poster Award
- ・坂本ちか (M2)、第 34 回化学とマイクロ・ナノシステム学会、優秀発表賞
- ・伊野浩介 (助教)、Early Career Analytical Electrochemistry Prize of ISE Division 1
- ・菅野佑介 (D3)、平成 28 年度東日本分析化学会若手交流会、優秀ポスター賞
- ・伊野浩介 (助教)、第 29 回安藤博記念学術奨励賞
- ・伊野浩介 (助教)、インテリジェント・コスモス奨励賞
- ・熊谷明哉 (助教)、応用物理学会春季学術講演会、Poster Award
- ・坂本ちか (M1)、電気化学会第 83 回大会、ポスター賞

特筆すべき業績

Our micro/nano-devices and microscopic systems are world-leading class in terms of sensitivity and resolution for analyzing electrochemical properties. With respect to chip devices with electrodes for biomedical analysis, we have established variety of electrochemical devices by using bipolar reaction or new functional electrodes with carbon nanomaterials for realization of unobtrusive sensing and daily health screening systems. Also, we have self-developed scanning electrochemical microscopies for analyzing nanoscale electrochemical reactivity. Scanning electrochemical cell microscopy with a single barrel nano-pipette (nanoSECCM) was applied to electrodes in lithium-ion batteries, revealing the inhomogeneity of ion transport on the electrodes for the first time. Our technology contributes to establish an environmental-friendly society with health-conscious human life.

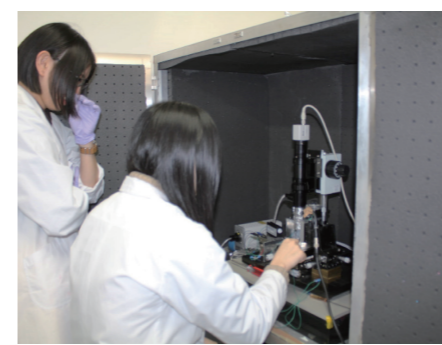


Fig4. Scanning Electrochemical Microscopic Analysis