

マイクロ・ナノ電極を利用する環境・医工学バイオセンサデバイスおよび材料評価システムの開発

Development of Environmental/Biomedical Sensors and Visualization Systems for Material Functions with Micro/Nano Electrodes



教授 珠玖 仁
(工学研究科 兼任)
Professor
Hitoshi Shiku

現在、微小なデバイスのバイオ応用・環境モニタリング・エネルギー材料に大きな期待が寄せられている。これらのデバイスを使用することで、これまで困難だった生体現象の観察や、簡便かつ迅速な環境評価、医療検査、材料評価が可能になっている。また、生体を模倣した微小な細胞チップを作製することで、再生医療応用や生体内での化学物質のモニタリングが可能になる。このような目的のために、我々はマイクロ・ナノシステムを組み込んだ電気化学デバイスの開発に取り組んでいる。図 1 に、2025 年の研究室のメンバーの写真を示す。

Micro/nanodevices are in continual demand in biological science and engineering to achieve accurate analytical information. We have developed micro/nano electrochemical systems for environmental and biomedical applications and to evaluate energy materials. Figure 1 shows the photo of the members.

生体模倣モデルのためバイオセンシング

薬剤スクリーニングのために、培養細胞のバリア機能を評価できる手法が望まれていた。今回、小腸モデルの効率的な評価を可能にする電気化学多孔膜デバイスを開発した。図 2 は学術論文の inside front cover であり、多孔膜電極と小腸モデルを擬人化している。このような電気化学センサが搭載された in vitro モデルは、動物実験を用いない創薬分野での利用が期待できる。

Biosensing device for microphysiological systems

Evaluating the cellular functions of cultured cells is essential for drug screening. We developed a porous electrode device that can effectively assess cellular functions in a gut model. This study was featured on the journal's inside front cover, and Fig. 2 presents a schematic illustration in which the porous membrane device and the gut model are personified. Such in-vitro models integrated with electrochemical sensors are expected to be widely used for drug development without animal testing.

電気化学発光顕微鏡を用いた細胞解析

3 次元的に培養した球状の細胞凝集塊である細胞スフェロイドは、単純な 2 次元培養の細胞と比べ、生体組織を移植医療や生体模倣モデルとして利用されている。そのような応用では、細胞由来の生体分子をハイスループットに計測・解析する必要があった。今回、我々は電気化学発光現象を利用した細胞由来分子のイメージング手法を開発した(図 3)。発光シグナルを観察することで、単純な電気化学デバイスと比べて多数のサンプルを計測できるため、ハイスループット計測への展開が期待できる。

Electrochemiluminescence microscopy for the analysis of cell spheroids

When cells are three-dimensionally cultured, they form cell aggregates known as cell spheroids. These spheroids are widely used in regenerative medicine and microphysiological systems because their functions closely resemble those in vivo. For these applications, it is important to evaluate cellular functions in a high-throughput manner. In this study, we developed a novel strategy to measure biomolecules produced by spheroids using electrochemiluminescence microscopy (Fig. 3). Compared with simple electrochemical devices, this strategy enables high-throughput and spatially resolved assays.



Fig. 1 Photo of the members in 2025.



Fig. 2 Electrochemical microphysiological systems for a gut model. Reproduced from the inside front cover of Lab Chip (DOI:10.1039/D5LC90109J). Copyright 2025 The Royal Society of Chemistry. Licensed under CC BY 3.0.



准教授 伊野 浩介
(工学研究科 兼任)
Associate Professor
Kosuke Ino



准教授 阿部 博弥
(学際科学フロンティア
研究所 兼任)
Associate Professor
Hiroya Abe



客員教授 熊谷 明哉
(千葉工業大学 兼任)
Professor
Akichika Kumatani



客員准教授 井上 久美
(山梨大学 兼任)
Associate Professor
Kumi Y. Inoue

秘書
高野 聡美

研究補佐員
大宮 明子

細胞スフェロイドの内部拡散の評価

細胞スフェロイド内の観察、薬剤機序の解明や創薬スクリーニングにおいて重要な課題であるとともに、新しい手法の提案は新しい創薬ツールとして期待できる。そのような目的のために、微小電極アレイを用いた酸化還元物質の拡散の様子のイメージングや、微小電極プローブを用いた細胞内部への拡散の様子を観察できるシステムを開発した(図 4)。本技術は、細胞生物学や薬理学、再生医療の分野における新たなツールとして期待される。

Evaluation of intracellular diffusion in cell spheroids

It is important to measure intracellular diffusion in cell spheroids to elucidate drug mechanisms and facilitate drug screening. For this purpose, we developed an electrochemical approach using a microelectrode array and an electrochemical probe. This strategy enables analysis of diffusion of redox molecules within spheroids. This technology is expected to become a valuable tool in cell biology, pharmacology, and regenerative medicine.

学会発表

7 件以上の招待講演を行った。これらを含め、40 件以上の学会発表を行った。

Conference presentations

More than 40 presentations, including 7 invited lectures.

受賞

- 小川智之 (M2) : ポスター賞 (第 56 回セミコンファレンス・第 38 回東北若手の会)
- 黒木雅久 (M1) : ポスター賞 (令和 7 年度化学系学会東北大会)
- 小岩希 (B4) : フロンティア・ラボ賞 (みちのく分析科学シンポジウム 2025) (Fig. 5)
- 菅野太陽 (M2) : 若手ポスター賞 (第 85 回分析化学討論会)
- 伊野浩介 (准教授) : Springer Nature Editor of Distinction Award 2025
- 阿部博弥 (准教授) : 若手優秀賞受賞 (化学とマイクロ・ナノシステム学会)
- 伊野浩介 (准教授) : Outstanding Reviewer 2024 for Lab on a Chip (英国王立化学会)
- 大場公晴 (M2) : 工学研究科長賞 (東北大学)
- 柴田恭子 (B4) : 工学部長賞 (東北大学)

Awards

- Tomoyuki Ogawa (M2): Poster Award (56th Semi Conference & 38th Tohoku Young Scientists Meeting)
- Gaku Kurogi (M1): Poster Award (Joint Meeting of the Tohoku Area Chemistry Societies 2025)
- Nozomu Koiwa (B4): Frontier Lab Award (Michinoku Symposium of Analytical Sciences)
- Taiyo Kanno (M2): Yong Poster Award (The 85th Symposium of the Japan Society for Analytical Chemistry)
- Kosuke Ino (Assoc. Prof.): Springer Nature Editor of Distinction Award 2025
- Hiroya Abe (Assoc. Prof.): Young Innovator Award on Chemistry and Micro-Nano Systems (CHEMINAS)
- Kosuke Ino (Assoc. Prof.): Outstanding Reviewer 2024 for Lab on a Chip (RSC)
- Kimiharu Oba (M2): Graduate School of Engineering Dean's Award (Tohoku University)
- Kyoko Shibata (B4): School of Engineering Dean's Award (Tohoku University)

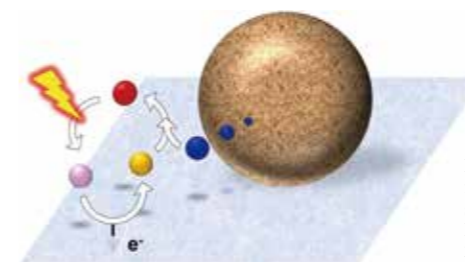


Fig. 3 Electrochemiluminescence microscopy for measuring diffusive biomolecules from cell spheroids. Reprinted from Sensors and Actuators B: Chemical (441, 137944, 2025). Copyright 2025 The Authors. Licensed under CC BY 4.0.

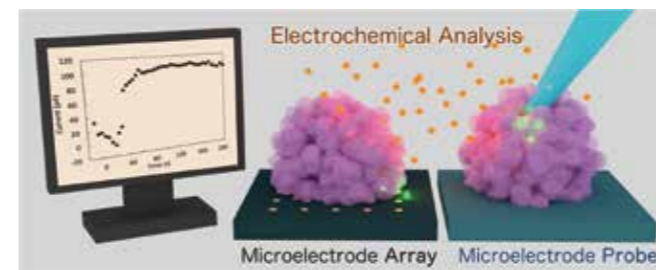


Fig. 4 Electrochemical analysis of intracellular diffusion in 3D cultured cells using a probe microelectrode and a microelectrode array. Reprinted with permission from Electrochimica Acta (538, 147005, 2025). Copyright 2025 Elsevier.



Fig. 5 Photo of the award winner.