

## 電気化学ナノテクノロジーの工学応用

研究代表者 逢坂 哲彌

(ナノ・ライフ創新研究機構 特任研究教授)

### 1. 研究課題

世界に先駆けて提唱し実践してきた「電気化学ナノテクノロジー」を機軸として、界面反応場を原子・分子界面単一層から設計し、その複合的な機能を発現させるデバイスの構築を図るだけでなく、実用化につながる実践的なデバイス開発研究を包括的に展開している。公的研究プロジェクトである革新的イノベーション創出プログラム (COI STREAM)、戦略的創造研究推進事業 先端的低炭素化技術開発 (ALCA) 特別重点技術領域「次世代蓄電池」、および RISING2 (NEDO 革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発) 等の研究遂行のための基礎的な共通部分・周辺部分の研究を進める。

### 2. 主な研究成果

#### 2.1 さりげない生体センシングに向けた電界効果トランジスタバイオセンサの研究開発

COI STREAM 事業において、疾病バイオマーカーや生体バランスチェックに必要なバイオマーカーを対象とした知見の蓄積に基づき、検出対象の特徴に応じた最適化を検討し、より多様な検出対象への適応性・応用性を向上させた。具体的には、分子サイズの小さい受容体である糖鎖や抗原結合性フラグメント (Fab) 等を利用した機能性ナノバイオ界面を作製する手法を提案し、感染症や食物アレルギー、生活習慣病に関連する様々なターゲットを高感度に検出できるセンサ開発を進めてきた。更に、FET バイオセンサに組み込み可能な、電源・通信ユニットおよび生体とのインターフェース技術の開発を行った。距離無線通信の規格の 1 つである Bluetooth を用いて FET センサのデータをスマートフォンから読み出すセンサ/無線通信モジュールを開発し (図 1)、FET センサを用いた水素イオン濃度 (pH) 計測のキャリブレーションを行った。センサの電圧を検出物濃度に変換する処理はスマートフォンで行われる。



図 1 FET センサによる pH 測定 of スマートフォンからのキャリブレーション

## 2.2 マグネタイト( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )ナノ粒子の医療分野への応用

マグネタイトナノ粒子 (MNPs) は、生体適合性や磁気応答性により磁気ハイパーサーミアなどががん医療分野への応用を視野に、粒子の存在場所や存在状態の違いによるがん細胞への影響を比較した。粒径約 40 nm に合成した MNPs を用いて、MNPs の発熱がヒト乳がん細胞 MCF-7 に及ぼす影響を検討したところ、細胞内に粒子が存在することで効率よく細胞死が誘導されることが示唆された。

## 2.3 エネルギーストレージのインピーダンス解析

ALCA および RISING2 の研究遂行のための共通部分の展開として、エネルギーデバイスのインピーダンス解析に関する基礎的な検討を進めており、全固体電池などの最新デバイスに対してインピーダンス評価を行っている。また、関連する各プロジェクトで得られた研究成果の実用化に向けた展開も合わせて行っており、これまでのインピーダンス解析で得られた成果を企業での研究開発に適用し、その有用性の確認と事業化に向けた共同研究を鋭意進めている。

## 3. 共同研究者

門間 聰之 (先進理工学部・応用化学科 教授)  
 大橋 啓之 (ナノ・ライフ創新研究機構・研究院教授)  
 横島 時彦 (ナノ・ライフ創新研究機構・研究院教授)  
 向山 大吉 (ナノ・ライフ創新研究機構・研究院准教授)  
 奈良 洋希 (ナノ・ライフ創新研究機構・研究院准教授)  
 秀島 翔 (ナノ・ライフ創新研究機構・研究院講師)

## 4. 研究業績

### 4.1. 学術論文

- 大橋啓之, 黒岩繁樹, 秀島翔, 中西卓也, 逢坂哲彌, "生体バランス物質のさりげないセンシングに関するレビュー", 電気学会論文誌 E, 136 (8), 357-361 (2016).
- T. Nakanishi, S. Matsuda, K. Kaneko, H. Zhang, T. Osaka, "In vitro investigation of the effect of intracellular and extracellular magnetite nanoparticles subjected to alternating magnetic field on MCF-7 human breast cancer cells", ChemistrySelect, 1 (19), 6092-6102 (2016).

他, 9 件

### 4.2. 総説・著書

- 秀島翔, "糖鎖を利用した半導体型ウイルスセンサ", BioClinica, 32, 4, 393-396, 2017

### 4.3. 招待講演

- K. Ohashi and T. Osaka, "Industrialization Trial of a Biosensor Technology", F03-1745, PRiME2016, 2016.10.04
- T. Osaka, S. Matsuda, S. Hideshima, T. Nakanishi, E. Nakajima, M. Kanazu, "Application of Ferrite Nanoparticles to Magnetic Hyperthermia", E02-1568, 2016.10.06
- 秀島翔, "健康モニタリングに資する半導体バイオセンサ技術", 特 1Q21, 電気化学会第 84 回大会, 2017.03.25

他, 多数

#### 4.4. 学会および社会的活動

- S. Hideshima, K. Fujita, S. Kuroiwa, T. Nakanishi, Y. Harada, M. Tsuna, T. Osaka, “Signal amplification method for semiconductor biosensing by addition of charged surfactants”, P1.068, Biosensors2016, 2016.05.25.
- K. Ohashi, S. Kuroiwa, T. Nakanishi, S. Hideshima, T. Osaka, “Monitoring biomolecules and ions with an FET sensor for physiological balance”, P3.238, Biosensors2016, 2016.05.27.
- S. Hideshima, S. Wustoni, S. Kuroiwa, T. Nakanishi, T. Osaka, “Effect of Serum Protein on the Response of Field Effect Transistor Biosensor to Amyloid Fibrils”, No.21, 2016.08.17
- 大橋啓之, “生体物質をさりげなくセンシングするシステム”, Conference for BioSignal and Medicine 第16回大会 (CBSM2016), 2016.09.29
- S. Matsuda, M. Kanazu, T. Nakanishi, T. Osaka, “Synthesis and in Vitro Evaluation of Magnesium Ferrite Nanoparticles for Application to Magnetic Hyperthermia”, PRiME2016, E02-1569, 2016.10.06
- S. Hideshima, S. Wustoni, S. Kuroiwa, T. Nakanishi, T. Osaka, “Signal Amplification Techniques By Effective Use of the Interfacial Region for Field Effect Transistor (FET) Based Biosensing”, PRiME2016, M01-3765, 2016.10.04
- 中嶋恵里, 松田翔風, 中西卓也, 張弘, 田中あかね, 松田浩珍, 門間聰之, 逢坂哲彌, “マグネタイトナノ粒子の添加と交流磁場下での発熱による中皮腫細胞の死滅効果”, 第6回CSJ化学フェスタ2016, P4-083, 2016.10.15
- 松坂朱峰, 秀島翔, 金子直人, 堀井克紀, 和賀巖, 黒岩繁樹, 中西卓也, 大橋啓之, 門間聰之, 逢坂哲彌, “ $\alpha$ -アミラーゼアプタマー固定化電界効果トランジスタ型バイオセンサーの作製と $\alpha$ -アミラーゼの検出”, 日本化学会第97春季年会(2017), 2PB-182, 2017.03.17

他, 多数

#### 5. 受賞・受勲

逢坂哲彌、第27回向井賞（公益財団法人東京応化科学技術振興財団）（2016.04）

秀島翔、第29回安藤博記念学術奨励賞（一般財団法人安藤研究所）（2016.06）

逢坂哲彌、IBA Yeager Award（International Battery Association）（2017.03）

#### 6. 研究活動の課題および今後の展望

現在までに、実用化につながる実践的なデバイス開発研究を包括的に進めてきた。中でも本プロジェクトで開発しているFETバイオセンサや磁性ナノ粒子等については、健康医療分野で応用できる可能性を示してきた。今後は、家庭や医療現場での実用化を目指し、様々な分野の有識者の知見を開発指針の策定に積極的に取り入れながら、研究開発を進めていく予定である。