

電子材料界面のイオン・水環境の理解に基づく、 高感度イオン検出分子機構の設計

代表研究者 関 貴一
東京科学大学 生命理工学院 准教授

研究要旨

特定のイオンを検出・分離する技術は、精度の高い環境測定や医療診断、そして海水の脱塩機構の実現のために重要である。高精度かつ高感度なイオン検出機構として、高感度な電子材料上への、イオン認識能を有する生体超分子構造の構築が候補として挙げられる。このような生体分子の高度なイオン認識能を利用したイオン応答プローブをデバイスへ修飾する方法は、新たなイオン認識・制御デバイスの構築への足がかりとなると期待される。しかし、この実現のためには、電極界面の「水分子・イオン、そして生体超分子の三体問題」を系統的に理解する必要がある。本研究期間では、高感度バイオイオンセンサーを構築する初期検討として、（１）イオン応答性自己組織化ペプチドの設計とナノ構造形成の評価、（２）界面分子環境の可視化のための新規分光システムの構築を目標と設定した。

本研究期間では、亜鉛イオン親和性の高い自己組織化ペプチドの設計をターゲットとして研究に着手した。Zinc finger タンパクのアミノ酸配列に着想を受け-C-X-X-C-/H-X-H (X:は任意のアミノ酸)を基本モチーフとした３種類のペプチドを合成した。まずグラファイトや二硫化モリブデンなどの二次元電子材料上への吸着特性を評価したところ、既報のものとは比べて１０倍ほど高い吸着能を示すことが分かった。しかし基板の格子を認識し、エピタキシャル様な構造形成は確認できなかった。現在は吸着安定性やイオン種によるナノ構造変調について、さらなる検討を進めている段階にある。さらに、電極界面の自己組織化ペプチドの分子構造、そして界面吸着イオン・水分子の構造情報の取得のために、顕微ラマン分光システムと顕微和周波発生振動分光システムの構築を進めた。化学気相成長法により合成した二硫化モリブデンを用いて顕微ラマン測定や電極上への転写の動作検証を完了した。また顕微和周波発生振動分光系を構築し、シリコン基板上的金電極パターンの可視化を行った。

現在はAphafold3を用いたコンフォメーション予測と二次元ナノ構造評価を元に新たな自己組織化ペプチドの設計指針の構築に取り組んでおり、得られるパラメータとナノ構造形成能に相関が見られるのではないかと期待する。顕微和周波発生振動分光系については、ヘテロダイン測定法を実装し、分子配向と空間情報を結びつけ、上記の三体問題に取り組んで行く。