

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 量子容量を用いた生化学的界面の計測と制御

2. 個人研究者名

小野 堯生（大阪大学産業科学研究所 助教）

3. 事後評価結果

本研究では量子的性質を持つナノマテリアルを用いて、界面の状態を計測・制御する新たな手法の開発を行い、生化学的界面に高感度かつリアルタイムにアクセスする汎用的な方法を確立するとともに、界面を新たな極微小の反応場として提示することを目指した。

[どのような量子性をどのように扱ったのか]

- 量子容量を持つ2次元材料グラフェンを固液界面に展開
- 界面近傍のナノ領域(界面ナノ領域)のバルクと異なるイオン濃度を計測

[達成状況とインパクト]

小野研究者は、グラフェンを介して、界面の状態を計測・制御することで、超局在化した反応場としての界面の概念実証について成功している。最初に2次元材料向けのプロセス構築に向けて、レジストフリープロセスやEdinburgh etchingなどの利用の検討を進め、規格化された界面を再現性良く構築した。グラフェン上に修飾するプローブ分子の選定の過程においては、グラフェンと結合させるためのプローブ分子の官能基を利用し、プローブ分子の解離特性を評価する手法を開発するなど、グラフェンデバイスによってプローブの検出を高感度で成功していることは評価できる。さらに小野研究者は、固相、液相とグラフェンおよび計測プローブの性状の詳細について検討を行い、バルク溶液と異なる界面ナノ領域の状態(H⁺濃度)の計測に初めて成功した。このバルク溶液のイオン組成を境界条件として界面ナノ領域のイオン分布のシミュレーションを行った結果、実測値と整合した結果が得られており、シミュレーションに基づいて界面ナノ領域の状態をおおよそ予測できることを示している。このように、グラフェンの表面への形成にレジストフリープロセスを確立して均一性や再現性を高くできたこと、表面近くでの電荷密度を計算しpH計測感度を向上させたことは、最終目標達成のための鍵となる技術開発として、当初の提案内容に基づく一定の成果が得られている。一方で、Dirac pointのばらつきが生じているようであり、その原因について検討を進め、精度と信頼性向上に向けた改善が望まれる。生命科学への計測応用としては、インフルエンザウイルスのノイラミニダーゼが細胞表面のシアロ糖鎖を分解する反応を計測した。シアロ糖鎖を修飾したグラフェン上にシアロ糖鎖を修飾し、界面ナノ領域の状態を検証の上、ノイラミニダーゼを加えて末端シアル酸の分解を電氣的に計測したところ、ノイラミニダーゼ由来の反応を実時間計測できるに至っていることから、当初の目標を達成していると考えられる。さらに基質の選択や固定化条件を最適化して、データの揺らぎを解消できることを期待する。

本技術がどのような生命活動・分子挙動への計測に応用できるかの方向性について、小野研究者は生命現象で普遍的に存在する界面反応で一般的に適用可能と考えており、特に感染反応の計測など、生体界面である細胞膜と病原体の反応場の計測を挙げている。固体液体界面の科学は極めて重要であり、このような表面電位測定による電氣的な計測は、チップ化や小型化の観点からも今後大きな発展が期待できる。他の工学的な手法との複合化も進むであろう。本研究で得た界面の理解・制御による新たな反応を活用し、生命活動・分子挙動への計測への幅を拓げていくことを期待したい。