

## カーボンナノチューブ薄膜を用いたIgE検出における吸着サイト密度の効果

Effect of adsorption site density on sensor response to IgE using carbon nanotube thin film

○加瀬寛人<sup>1</sup>、松井祐司<sup>1</sup>、根岸良太<sup>1</sup>、有福達治<sup>2</sup>、清柳典子<sup>2</sup>、小林慶裕<sup>1</sup>(1.阪大院工、2.日本化薬(株))

○H. Kase<sup>1</sup>, Y. Matsui<sup>1</sup>, R. Negishi<sup>1</sup>, M. Arifuku<sup>2</sup>, N. Kiyoyanagi<sup>2</sup>, Y. Kobayashi<sup>1</sup> (1.Osaka Univ., 2.Nippon Kayaku)

E-mail: kase@ap.eng.osaka-u.ac.jp

【はじめに】カーボンナノチューブ薄膜トランジスタ(CNT-TFT)バイオセンサは、帯電したターゲット分子が薄膜表面に吸着し、デバイ長内に入り込む際のポテンシャル変調を検出する。前回の報告では、センサ応答のデバイ長依存を解析し、IgE吸着はCNT表面への1層目の吸着と、先に吸着した1層目のIgEの立体障害を受けた2層目の吸着の2段階で進行するモデルを提案した[1]。2層目のIgE吸着量はCNT上の吸着サイト密度に依存すると予想される。本研究では、IgE吸着サイト密度とセンサ応答の関係を明らかにし、2層の吸着様式からなるIgE吸着モデルの妥当性を検討した結果を報告する。

【実験】熱酸化Si基板上に高純度ナノダイヤモンド(日本化薬製)を分散し、アセチレンを炭素源ガスとした気相化学成長法を用いて単層CNT薄膜を合成した。得られた試料からフォトリソグラフィを用いてCNT-TFTを作製した。作製したCNT-TFTをピレン分散液(1 mM、10  $\mu$ M、1 nM)に浸し、CNT表面にIgEアプタマーのリンカー分子となるピレンを修飾した。異なるピレン密度のサンプルに対しIgEアプタマーを修飾し、それぞれIgE濃度変化に対するセンサ応答を評価した。

【結果と考察】CNT表面へのピレン吸着量はピレン分散液濃度に相関する。還元処理した酸化グラフェン薄膜上での紫外可視分光測定から、分散液濃度1 mMでのピレン吸着量は10  $\mu$ Mの場合の約6倍になることが示された[2]。CNT表面でも同様にピレン吸着量の差異が見込まれる。すなわち、ピレンとアミド結合により固定されるIgEアプタマーの密度もピレン分散液濃度で調整できる。Fig.1はIgEアプタマー密度が異なるサンプルに対して、IgE濃度を変化させた場合のソースドレイン電流値( $I_{sd}$ )の変化を示す(ソースドレイン電圧は0.1 V、ゲート電圧は-0.3 Vに固定)。

電解液は10 mMのリン酸緩衝液(PBS:pH 7.1)を用いた。ピレン濃度1 nMでは、IgE濃度変化に対して応答が見られなかった。これはIgE吸着サイト密度が低い場合に十分なポテンシャル変調が生じないことを示し、IgEのCNT表面への非特異吸着が今回の条件では無視できることがわかる。ピレン濃度1 mMでは、IgE濃度nM領域で $I_{sd}$ 増加が飽和し、500 nMでは $I_{sd}$ が逆に減少した。これは、Fig.2(a)に示すモデル[1]のように、1層目のIgEの立体障害により、2層目の吸着では部分的に正に帯電したIgE結合部位のみがデバイ長内に入り込むために $I_{sd}$ が減少したと考えられる。1層目については、IgE分子全体では負に帯電しており、吸着でデバイ長内に入る部分も負電荷が支配的なため、 $I_{sd}$ は上昇する。ピレン濃度10  $\mu$ Mでは、pM領域のIgE濃度で $I_{sd}$ 増加が飽和し、 $I_{sd}$ の減少は生じなかった。これは、Fig.2(b)に示すように、吸着サイト密度が低く、立体障害を伴う2層目の吸着が起らないためと考えられる。以上のように、アプタマー密度の低下により高IgE濃度領域でも $I_{sd}$ 信号の減少が観測されなかったことは、2層の吸着様式からなるIgE吸着モデルの妥当性を示している。

謝辞:本研究は科研費の助成を受けたものです。

[1]加瀬他、第76回応用物理学会秋季学術講演会、14p-2U-6(2015年9月、名古屋)[2]松井他、第49回FNGシンポジウム、3p-27(2015年9月、北九州)

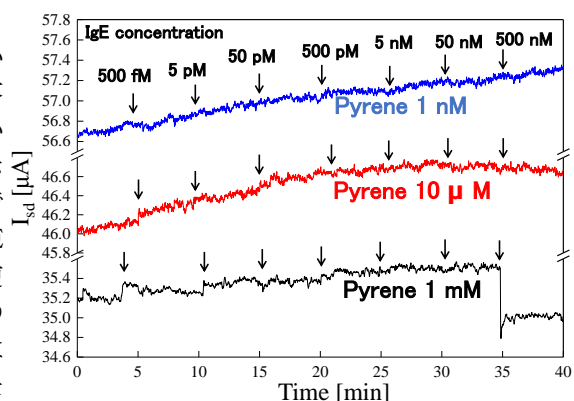


Fig.1 Dependence of sensor response to IgE using CNT-TFT on pyrene density

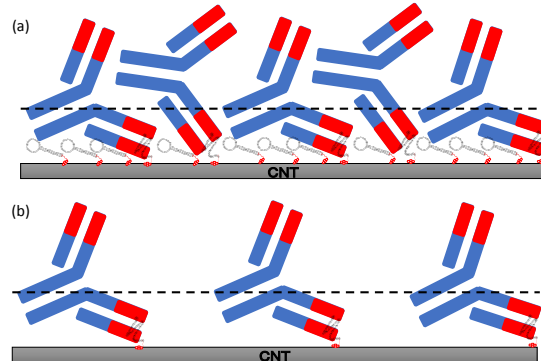


Fig.2 Schematic illustration of IgE sensing mechanism for IgE aptamers adsorbed on CNT surfaces with (a) high and (b) low densities