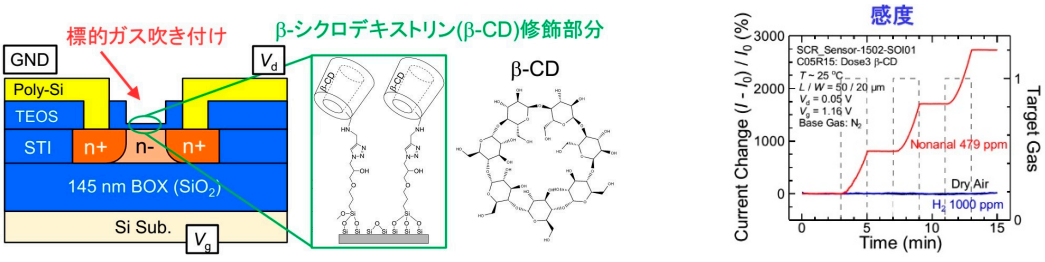
11　分子認識能を利用した非侵襲型疾病診断デバイスの作製	寺尾　潤

【目的】データの高速処理技術が発達した現代において、その分析対象である一次情報をより大量に、詳細に、リアルタイムに収集するセンシング技術の需要が急増している。実際、人間の視覚・聴覚・触覚にあたる光・振動・温度といった物理量センサの高性能化は著しく、既にスマートフォン等のモバイル機器に実装されつつある。一方で、 嗅覚・味覚に相当する化学量センサの技術は大きく遅れており、感度・応答速度・サイズ・消費電力のいずれの面でも未だに課題を残している。これは、物質には種類があるために、標的物質の識別あるいは選択という、無機材料を用いた従来のセンサでは困難な技術が必要となるためである。この現状を踏まえ、本研究では、有機化学の知見を駆使することで特定の物質を、高速・高感度・高選択的に、超小型かつ低消費電力なデバイスによってセンシングする技術開発を目指す。

【方法】ガス中の有機化合物（VOC）は各種作業環境における重要な指標であるだけでなく、人体の疾病状態をあらわすマーカーとしてきわめて有用であることが知られている。実際に、呼気や汗などに含まれる様々なマーカー分子をGC-MS 等で分析することにより、高い信頼性で病理診断可能な技術が開発されている。しかし、これらの分析手法は時間・サイズ・コスト等の面から実用面での応用範囲は極めて限定的である。一方、電界効果トランジスタ（FET）のような超小型電子素子によってセンシングできれば、誰でもどこでも早期に非侵襲型の疾病診断が可能となり、病理診断の現場に大きなブレイクスルーをもたらすことができる。そこで本研究では、包接能を有するシクロデキストリン等の超分子化合物と、配位能を有するポルフィリン等の遷移金属錯体を組み合わせ、高次の分子認識を発現する超分子・錯体センサを nm スケールの FET 構造を有する極細電荷チャネル界面（シリコン・導電性共役分子等）に導入し、ガス、代謝物、環境ホルモン等の多種多様な標的物質を極小エネルギーで高感度・高選択的に検出可能な多機能センサの構築を目指す。創製した疫病診断センサは、スマートフォンや車に搭載することにより、呼気や発汗などの生体出力を非侵襲で収集することで重大疾患の予防やテーラーメイド医療の実現を可能とし、環境や人体への負荷が高い VOC を常時モニタリングし安全・安心社会を実現する技術になると期待される。

【結果】β-CD を基板表面に導入した FET に対してガスを吹き付けながら電極間に流れる電流モニタリングすることでガスセンシング能を調べた。ゲート電位を一定に保ち、各種ガスを流通させ、その電流値変化を観測した結果を図 2 に示す。VOC としては、炭素数 9 のアルデヒドであるノナナールを採用した。肺がんに罹患した患者の呼気からはいくつかの特徴的な有機化合物が微量検出されることが知られているが、ノナナールはその代表例であり、センシング対象としての社会的意義が大きい。乾燥空気、あるいは水素（1000 ppm in N_2）を流通させたところ、ほとんど電流値変化が観測されなかったのに対し、ノナナール（479 ppm in N_2）については大きな変化が見られた。本実験ではノナナールを含むガスと N_2 ガスとを交互に吹き付けながら電流値変化をモニタリングしているが、ノナナールを流通させた時のみ電流値変化が観測されており、リアルタイムでノナナールに感応していると分かる。ノナナールを 6 min 程度流通させることで、最終的に電流値は元の値の約 30 倍に達した。CD の修飾を行っていないデバイスでコントロール実験を試みたところ、CD を修飾したものと異なり、何れも変化量は元の電流値の 1.4 倍程度であり、FET のチャネル界面の CD 修飾によって、作製した有機-無機ハイブリッドセンサが特異的にノナナールに対するセンシング能を獲得した。

分子認識能を有する超分子化合物により有機修飾した FET 型センサ