

プログラム名：進化を超える極微量物質の超迅速多項目センシングシステム

PM名：宮田 令子

プロジェクト名：プロジェクト3（人工嗅覚システム）

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書（成果）

平成29年度

研究開発課題名：

超高感度有害低分子センシングシステムの開発

研究開発機関名：

パナソニック株式会社 A I S 社

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

今年度の担当する研究開発課題の目標と計画は以下の通りである。まず濃縮効率の向上とマルチセンサの高感度との相乗効果を得ることにより、有害低分子検出に適用可能なスペックを達成する。センサからのデータを用いた分子識別、濃度推定する解析アルゴリズムでは、運転者の状態検知、生活空間・公共施設等における有害、危険分子の検出を想定してモデル低分子の推定精度を向上する。これらのセンサおよび解析アルゴリズムを搭載したハンディタイプのプロト機(Ver. 4)を完成させる。また、プロト機の機能を検証するため、呼気による運転者の状態検知、生活空間・公共施設等における有害、危険分子の検出に関する実証実験を開始する。

【課題1：サンプリングデバイス開発】

自動車室内でのサンプリングモデルとマイクロ流路内での気流モデルを統合させることで全体最適化を図り、サンプリングデバイスの試作を完了する。

【課題2：捕捉・濃縮デバイス開発】

ターゲットする分子に対する選択性を格段に向上させるために表面修飾材料の開発を行う。また、気流制御、熱制御の各要素技術を統合することにより目標スペックである ppt レベルの有害低分子の検出実現に向けて濃縮性能を向上する。

【課題3：分子認識材料開発】

アプリケーションに応じたターゲット低分子に対して分子認識材料の組成および固定化方法を最適化する。また量産化を見据えた課題の抽出とそれに対する対策に着手して、デバイス間の感度ばらつきを抑制する。

【課題4：検出デバイス開発】

パターン認識による分子同定を可能にする複数種類のケモレジスタンス電極または FET を集積化したセンサアレイの開発を行う。また、センサアレイ化において必須となる、微小領域へ極微量の分子認識材料を塗布する技術を開発する。

【課題6：集積化・モジュール化・量産試作】

今年度は以下の3つの項目の開発を行う。①センサー一体型モジュール/デモ機開発、②アルゴリズム/ソフトウェアの実装、③小型モジュール/ASIC 設計である。また、運転者の状態検知、生活空間・公共施設等における有害、危険分子の検出を想定した実証実験を大学、評価機関等において開始する。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

濃縮部の主要材はシリコン基板上に ZnO ナノワイヤを液相中にて形成することで得ている。今年度は ZnO ナノワイヤの表面を機能性有機材料で修飾する技術を確認し、濃縮効率を向上した。この濃縮部を用いて呼気中に含まれるターゲット低分子を選択的に吸着・脱離できることを見出した。また分子認識材料の開発では、導電性を付与した複合高分子材料の最適化条件を見出した。16ch マルチケモレジスタセンサを用いてモデル低分子だけでなく実際のサンプルへ適用し、センサの基本動作を確認できた。

FET はポーラスゲート型 FET を用いてモデル分子の検出に成功した。16ch マルチケモレジスタセンサ、サンプリングポンプ、制御回路、機械学習アルゴリズムを集積化したプロト (Ver. 4) の試作を完了した。

2-2 成果

【課題 1：サンプリングデバイス開発】

シミュレーション手法を用いて車室内およびデバイス内部のマイクロ流路内での気流解析を行うことにより流路の構造を最適化し、モデル分子の捕捉・濃縮効率を向上させた。

【課題 2：捕捉・濃縮デバイス開発】

機能性有機材料で表面修飾した ZnO ナノワイヤによりモデル分子の捕捉・脱離量を 2.5 倍に増加することに成功した (図 1)。機能性有機材料の種類によって呼気中に含まれる成分の捕捉・脱離において分子選択性を付与できた。

【課題 3：分子認識材料開発】

16ch センサアレイに用いるセンサ材料を最適化し、昨年度と比較して検出感度を 4 倍以上に向上できた。またこのセンサアレイを用いてモデル分子の応答パターンを取得した。

【課題 4：検出デバイス開発】

センサアレイ化において必須となる、微小領域へ極微量の分子認識材料を塗布する技術としてインクジェット装置の開発を完了した。開発した塗布装置を用いて 16ch ケモレジスタセンサアレイの作製に成功した。

【課題 6：集積化・モジュール化・量産用試作・製品化】

16ch マルチケモレジスタセンサ、サンプリングポンプ、制御回路、機械学習アルゴリズムを集積化したプロトタイプ (Ver. 4) の試作を完了した (図 2)。

2-3 新たな課題など

実環境での使用においては多成分の混合系でのターゲット低分子の検出は必須である。混合系において目標性能である ppt オーダーの検出感度を達成するためには、特に水分による影響が大きいことが判明した。想定される湿度範囲においてセンサの識別性能および寿命が要求仕様に適合するよう、センサ材料の組み替え、キャリブレーションの微調整を行うなどの対策を実施する必要がある。また検出デバイスの特性改善については量産を見据えた分子認識材料の安定形成できる設備を導入し基本動作を確認したもの、センサばらつきを抑制するには塗布条件をさらに絞り込まなければならない。信号処理回路の小型化においては最良の識別性能が得られるアルゴリズムを確立するため学習データ数を増大することが必要であり、データの前処理の効率化やデータの自動取得などの開発環境を構築していく。

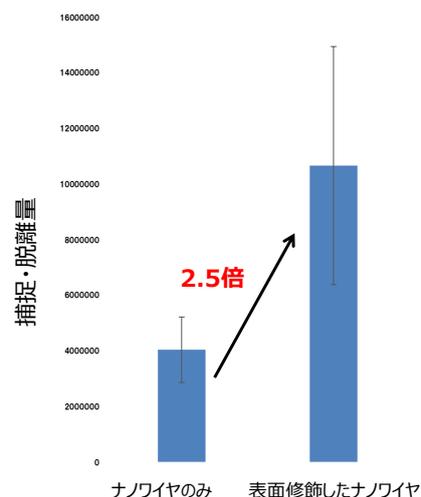


図 1 呼気成分の捕捉・脱離量



図 2 プロトタイプ Ver. 4

3. アウトリーチ活動報告

1. 国際ナノテクノロジー総合展 プロトタイプ Ver.4 デモ展示 平成 30 年 2 月
2. ImPACT シンポジウム プロトタイプ Ver.4 デモ展示 平成 30 年 2 月