

平成 27 年 3 月 31 日

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

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 26 年度

研究開発課題名：

ナノ・マイクロポアを用いた InSECT システムの開発

研究開発機関名：

大阪大学

研究開発責任者

川合 知二

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

本年度では、 μm サイズの物質の捕捉・濃縮デバイスの構築、マイクロポアを用いた PM2.5 と細菌のサイズ・数計測及びパターン認識による粒子分類技術開発を主要な目標とした。以下に、研究計画内容について項目に分けて詳述する。

- ・ **ナノピラー・マイクロポアアレイを用いた PM2.5 及び細菌の捕捉**
マイクロポアアレイ及び渦状マイクロ流路で構成される微細構造を構築し、これを用いて大気中に浮遊する PM2.5 及び細菌の捕捉・分離・濃縮を実証する。
- ・ **マイクロ・ナノポアセンサによる PM2.5 及び細菌のサイズ・数の計測**
PM2.5 及び細菌のサイズ・形状・数を検出するためのマイクロポア技術を開発する。PM2.5 及び細菌検出用デバイスでは直径 20 μm から 100 nm のポアを窒化シリコンメンブレン中に作製し、これを用いてイオン電流計測による 1 粒子カウンティングを実施する。
- ・ **InSECT デバイスのプロトタイプ試作**
上記の捕捉技術とマイクロポア計測技術を融合した InSECT-PM2.5 及び InSECT-細菌・ウィルスのプロトタイプデバイスを試作する。
- ・ **パターン認識による粒子同定**
マイクロ・ナノポア検出部出力波形から、粒子のサイズ・数を定性的に認識する分類技術・クラスタリング技術及びそれらのアルゴリズム・プログラムを開発する。
- ・ **量産型 InSECT デバイス開発に向けた基礎研究**
東芝が中心となって実施する InSECT-細菌・ウィルスデバイス及び InSECT-PM2.5 デバイスの量産化・モジュール化・量産用試作及び製品化の過程において必要となる基礎研究を実施する。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

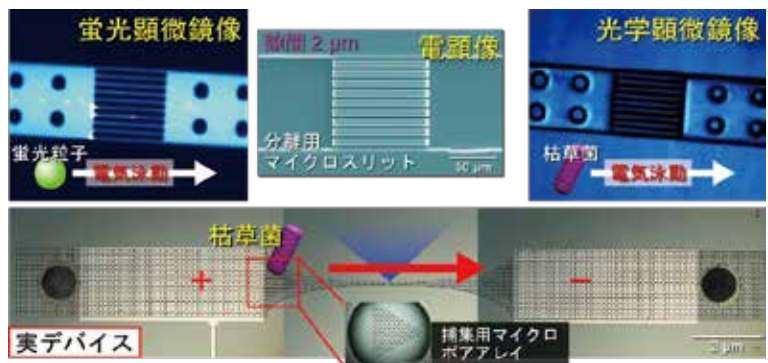
2-1 進捗状況

マイクロポア技術の開発では、低アスペクト比マイクロポアを用いて標準微粒子や PM2.5、花粉、細菌などの μm サイズの物質のサイズ・数計測を実施した。また、マイクロポア/マイクロ流路/マイクロスリット融合デバイスを作製し、これを用いて枯草菌の捕捉・分離・濃縮を実証した。そしてパターン認識技術開発では、低アスペクト比マイクロポアによる 1 粒子測定により得られた電流波形データから PM2.5 のサイズ・数を定性的に認識する分類技術を創成することに成功した。また後述するように、一部想定以上の成果も得られており、研究は順調に進捗している。

2-2 成果

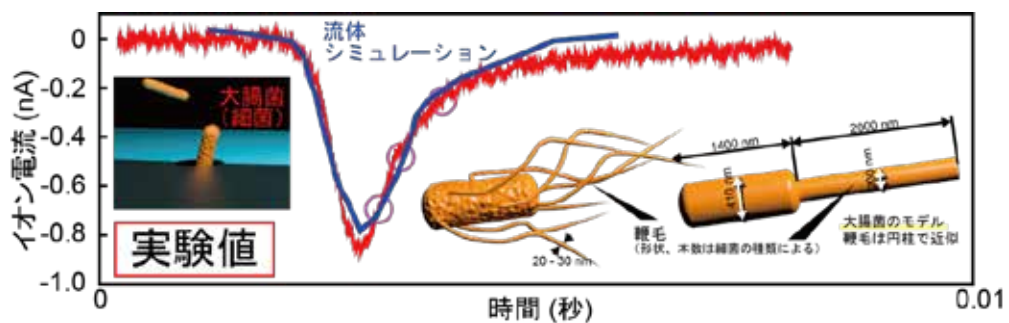
- ・ **ナノピラー・マイクロポアアレイを用いた PM2.5 及び細菌の捕捉**
浮遊微粒子を大気から捕集す

るためのマイクロポアアレイと捕集した微粒子を分離・濃縮するマイクロスリットを融合した固体デバイスを開発し、これを用いて空气中に散布された枯草菌の捕集・分離・濃縮を光学顕微鏡による1粒子観察を通して実証することに成功した。なお、本技術について国内特許1件を出願済みである。



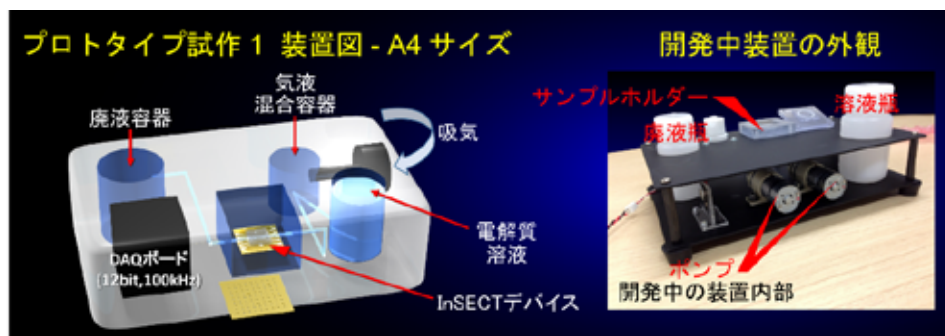
- ・ **マイクロ・ナノポアセンサによるPM2.5及び細菌のサイズ・数の計測**

低アスペクト比マイクロポアを用いて標準微粒子やPM2.5、花粉、細菌などのμmサイズの物質のサイズ・数計測を実施した。細菌については、大腸菌や枯草菌の鞭毛構造を反映していると考えられる特徴的な電流波形が観測されており、次年度以降に計画している検体粒子の形状測定に関する知見をいち早く得ることが出来た。これは予想以上の成果である。



- ・ **InSECT デバイスのプロトタイプ試作**

InSECT-PM2.5 及び InSECT-細菌・ウィルスのプロトタイプデバイスとして、前述の捕集・濃縮用デバイスに粒子検出用低アスペクト比ポアを組み込んだセンサーデバイスを試作した。また、試作デバイスを実装できるカセット仕様のサンプルステージや大気捕集用ポンプなどを搭載したA4サイズの高速微小電流計測装置を開発した。



- ・ **パターン認識による粒子同定**

標準微粒子の 1 粒子検出を実施し、得られた電流波形データを用いて機械学習アルゴリズムによる PM2.5 のサイズ・数を定性的に認識するにとどまらず、更には半定量的に評価できる新規分類技術を創出することに成功した。これは想定以上の成果である。

・ **量産型 InSECT デバイス開発に向けた基礎研究**

低アスペクト比マイクロポアデバイスで計測されるから検体粒子のサイズ・形状情報を抽出する理論計算手法の構築及びマイクロポアデバイスの基礎構造設計指針の検討を行った。具体的には、アスペクト比が異なるマイクロポアを用いて標準微粒子の検出実験を行い、検体サイズに合わせた最適なポア設計指針を示した。さらに、電流シグナルの流体シミュレーション計算に基づいて電流波形の物理的解釈を検討し、粒子がポアを通過する位置に依存して電流シグナルの波高が変化し得ることを新たに明かにした。

2-3 新たな課題など

次年度で開発予定の複数ポアを用いた粒子検出では、電流シグナルに比してベース電流が大きくなるため、固定レンジの高速電流アンプを用いた計測法では十分な検出感度が達成できない可能性があることが新たに分かった。この点については現在、ハイパスフィルタを導入し、ベース電流を小さく抑えた状態で電流シグナルの取得が行えるような測定形の構築を進めている。

3 . アウトリーチ活動報告

なし