

【助成 38 -31】

健康環境ミエル化のための室内バイオエアロゾル連続センシング技術の開発

研究者 東京医科歯科大学生体材料工学研究所 講師 當麻 浩司

〔研究の概要〕

アレルギーやウイルスなどの生物由来の微小粒子であるバイオエアロゾルは、密閉空間となる屋内環境中において長時間浮遊し続けるにも関わらず、知覚することができないために暴露を防ぐことが難しい。本研究ではこのようなバイオエアロゾルを連続計測し、健康環境のミエル化を導くセンシング技術の開発を目的とした。はじめにセンサシステムを多孔質ポリマー薄膜、光ファイバ、分光器から構築した。次に多孔質ポリマー薄膜に金属コーティングを施すことで局在型プラズモン特性が得られ、屈折率に応じた波長スペクトル変化を観察した。最後に濃度の異なるグリシン水溶液を負荷したところ、濃度に応じた光強度変化が得られ、屈折率変化を用いた非標識なバイオエアロゾルセンシングの可能性が示された。

〔研究経過および成果〕

アレルギーやウイルスなどの生物由来の微小粒子であるバイオエアロゾルは、密閉空間となる屋内環境中において長時間浮遊し続けるにも関わらず、知覚することができないために暴露を防ぐことが難しい。さらに屋外とは異なり、マスクなどを装着せずに無防備な状態で過ごす屋内では、無意識のうちにバイオエアロゾルに接触・吸引することで体内に取り込まれ、アレルギー疾患やウイルス感染症に罹患するリスクが高まる。したがって屋内において「見えない」バイオエアロゾルを「ミエル化」することで、ヒトにバイオエアロゾルの存在を認識させ、掃除や換気、消毒などの暴露回避を促すことがバイオエアロゾルを原因とした疾患予防に重要である。しかしながら、センサの感度や選択性、繰り返し使用に課題があり現在までにそのようなモニタリングシステムは実現していない。そこで本研究は、密閉空間となる室内のバイオエアロゾル濃度を成分ごとに連続的に計測し、環境状態変化をミエル化することで意識的な暴露回避を促し、健康的な屋内環境を築くバイオセンサ技術の開発を目的と

した。

はじめに連続計測用のセンサシステムを構築した。本システムは、バイオエアロゾルを効率よく捕捉することを期待した多孔質ポリマー薄膜、光ファイバ、分光器から構成される。捕捉したバイオエアロゾルを非標識に測定できるよう、多孔質ポリマー薄膜に局在型表面プラズモン特性を持たせるため、ポリドーパミンによる金属ナノ微粒子の固定化およびスパッタリング法による金属コーティング 2 種類の方法を試行した。まずポリドーパミンによる金属ナノ微粒子の固定化では、ポリマー薄膜をドーパミン溶液中に浸漬しポリドーパミンを薄膜表面にコーティングした。その後、金属ナノ微粒子溶液中にポリマー薄膜を浸漬し、超純水にてリンスを行ったところ、金属ナノ微粒子が全て除去され、固定化されなかった。ポリドーパミンのコーティング時間や金属ナノ微粒子の浸漬時間を延ばしてみたが、同様に固定化されなかったため、次にスパッタリング法による金属薄膜コーティングを検討した。多孔質ポリマー薄膜表面に数ナノメートルの金属薄

膜を成膜したところ、青緑色の呈色が見られた。そこで反射率スペクトルを空气中で測定したところ、波長 530 nm にピークを持つスペクトルが得られ、見た目と一致する結果となった(図1)。これは金属コーティングによる局在型表面プラズモン共鳴によるものと考えられ、次にポリマー薄膜のポアサイズの影響を調べた。ポアサイズが 0.1 μm および 5 μm のポリマー薄膜に対しても同様にスパッタリング法にて金属薄膜コーティングを施し、反射率スペクトルを観察したところ、図1に示すように 0.5 μm 以外では明瞭なピークが得られなかった。これはポアサイズの違いにより金属のコーティングの程度に違いがあることが原因であったと考えられるが、詳細については今後調べることにした。

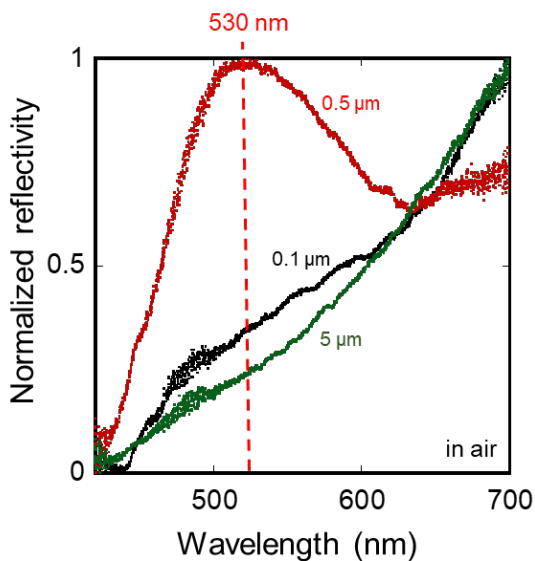


図 1 3 種のポアサイズ (0.1 μm , 0.5 μm , 5 μm) のポリマー薄膜における反射率スペクトル

先述の結果より、今回は最もプラズモン共鳴が生じたポアサイズ 0.5 μm のポリマー薄膜を用いて、センサ特性評価を行った。実験では濃度の異なるグリシン水溶液をサンプルとし、それぞれを金属コーティングしたポリマー薄膜へ負荷した際の光強度変化を観察した(図2)。測定の結果、グリシン水溶液の濃度に

応じた可逆的な光強度変化が得られ、屈折率変化によるバイオエアロゾルの非標識測定の可能性が示唆された。

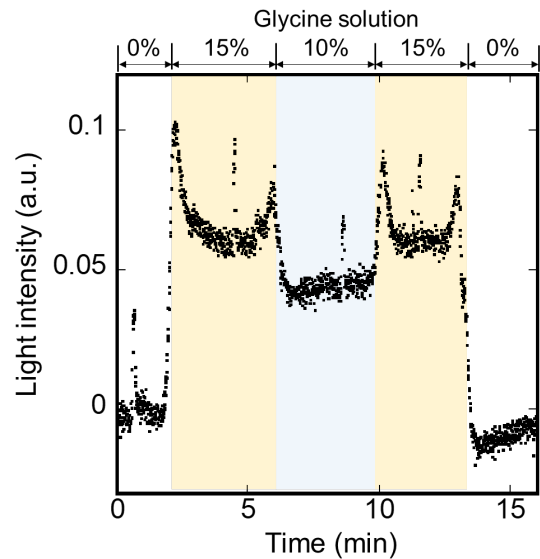


図 2 3 種の濃度 (0%, 10%, 15%) のグリシン水溶液に対するセンサ出力応答

[発表論文]

1. 金 志壕, 三木 大輔, 吉村 直之, 當麻 浩司, 荒川 貴博, 谷津田 博美, 三林 浩二, “ダニアレルゲン Der f1 の高感度かつ繰り返し計測を可能とする SAW 免疫センサ”, 第 81 回分析化学討論会予稿集, C2011, 2021 年 5 月.
2. 金 志壕, 飯谷 健太, 當麻 浩司, 荒川 貴博, 三林 浩二, “ダニアレルゲン Der f1 の繰り返し on-site 計測のための SAW 免疫センサ”, LIF2020-2021 予稿集, pp412-413, 2021 年 9 月.
3. 里村 結衣, 加藤 実里, 倉田 香菜子, 吉村 直之, 飯谷 健太, 當麻 浩司, 荒川 貴博, 谷津田 博美, 金森 きよ子, 三林 浩二, “酵素沈殿増幅を用いた高感度なダニアレルゲン Der f2 用 SAW 免疫センサ”, 生体医工学シンポジウム予稿集, 2A-30, 2021 年 9 月.