



テーマ名	電池不要な薄膜ウイルスセンサ
組織名	東洋大学 理工学部 生体医工学科 合田 達郎 教授
技術分野	医工連携／ライフサイエンス

概要

本技術は、ウイルス表面のリガンドがヒトなどの動物へ感染する際に細胞膜表面に存在するレセプターの違いを認識するという分子機構に着目した「バイオミメティクス手法」を取り入れ、高感度かつ選択的に検出する新しい導電性ポリマー（PEDOT 誘導体）を開発しました。本技術は、インクジェット印刷等による簡便なデバイス製作が期待でき、電気特性の変化を検出するラベルフリー型のため、その場でウイルスの検出が可能な、小型・可搬型の電氣的ウイルス検出法を安価で実現できます。

また、生体膜リン脂質成分を付与して非特異吸着を抑制することで、ヒトインフルエンザウイルスにおいては、従来の免疫法に比べて 100 倍感度が向上し、かつウイルスの型を判別することが可能になりました。本技術はレセプターの種類を変えることで異なるウイルスの検出にも対応できるため、現在は、検出対象ウイルスの汎用性向上に加え、薄膜デバイスの検討を行う事でエアロゾルの状態で空気中に漂うウイルスを検出や、その場で検出するポイントオブケアだけでなく、ウェアラブルやインプラント可能なバイオセンシング技術「スマートステッカー」の実現を目指しています。

簡略図

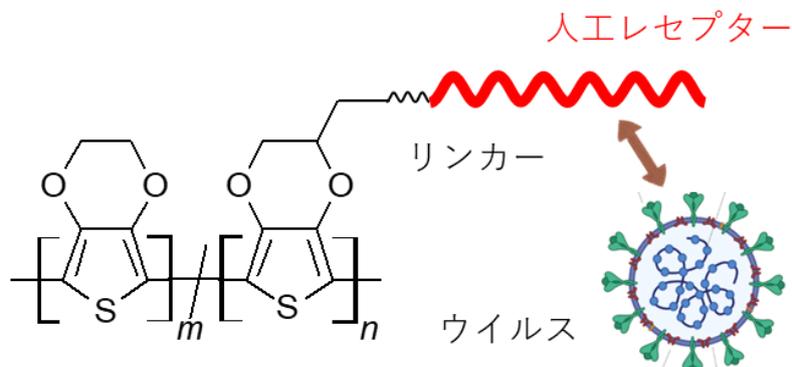


図 1 : 高感度かつ選択的に検出する導電性ポリマー (PEDOT)

対象ウイルスを特異認識する人工レセプターの配列を組み込んだ導電性ポリマーを新たに合成し、様々なセンサ表面に修飾して目的のウイルスのみが選択的に結合することを確認しました。



図2： 薄膜ウェアラブルセンサ「スマートステッカー」

Near field communication (NFC)無線通信式の薄膜センサ開発により、リアルタイムにウイルスの検出、可視化・定量化が行えるようになります。

背景

近年、新型インフルエンザや新型コロナウイルスの流行等、日常的にウイルス感染に脅かされるなかで、パンデミック防止には迅速かつ高精度にウイルスを判別し、対処することが効果的であります。しかし、従来の免疫法や遺伝子解析法などによるウイルスの検出は感度・時間・コストの問題があります。さらに、病院へ行かなければ診断ができないというインフラの問題があり、ウイルス感染拡大を未然に防止するには不十分です。そこで、本技術では、高感度・高精度、かつ、その場（ポイント・オブ・ケア）だけでなく、ウェアラブルやインプラントブルな診断が可能な小型・可搬型の電氣的ウイルス検出法を創出することを目指します。

技術内容

ヒトインフルエンザウイルス表面のタンパク質（ヘマグルチニン）がヒトへ感染する際に細胞膜表面のレセプターである糖鎖配列の違いを認識するという分子機構に着目した「バイオミメティクス手法」を取り入れ、高感度かつ選択的に検出する糖鎖配列を組み込んだ新しい導電性ポリマー（PEDOT 誘導体）を開発しました。有機材料である PEDOT はインク液として材料に塗布・修飾できるといった利点があるため、導電性ポリマーの高機能化を行い、薄膜デバイスの開発によりウェアラブルやインプラントブルな診断が可能な小型・可搬型の電氣的ウイルス検出法です。

◎ウイルス検出に優れた導電性ポリマー

ウイルスは変異性が高く、抗体を用いた免疫アッセイでは新型や亜型の出現に対応できない可能性があります。また、タンパク質である抗体をデバイスに固定化すると、検出器の堅牢性や耐久性、保存安定性が下がってしまいます。そこで、ウイルス感染機構に倣い、ヒト細胞膜表層に発現しているウイルスレセプターの一部を工学的



に活用し、人工レセプターとして用いる事としました。本技術において、細胞膜上糖鎖配列を用いてヒトインフルエンザウイルスの特異認識に成功しています。また、コロナウイルス検出では、膜タンパク質アンギオテンシンインベルターゼ 2 (ACE2) の代わりとなる DNA アプタマーとして利用し、特異的認識をおこないます。また、リン脂質成分を付与して非特異吸着を抑制することで、高感度化を実現できます。

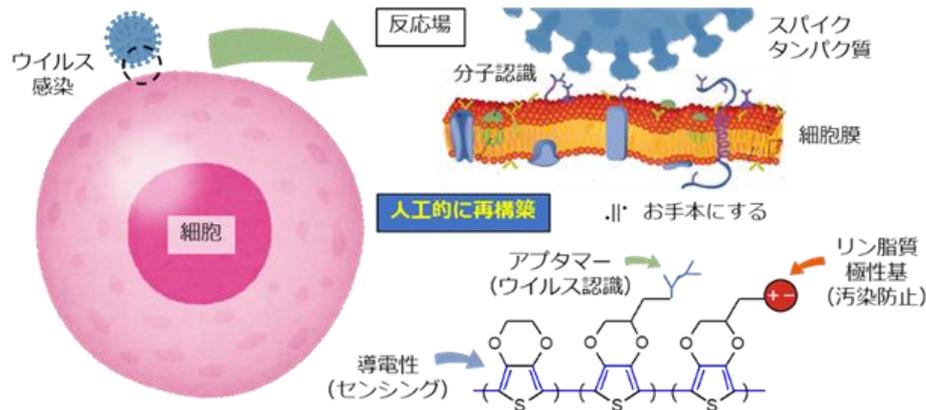


図3：バイオミメティックなウイルス認識界面

○導電性ポリマーの高機能化

通常、PEDOT:PSS などの導電性ポリマーは特異的分子認識能を持ちません。本技術は、PEDOT や PSS の側鎖に分子識別素子を化学修飾した新規材料を開発することにより、標的となる生体分子やタンパク質、ウイルスの特異検出に成功しました。

○ウェアラブルデバイス化

導電性ポリマー (PEDOT) は電気伝導性が高く、化学的に安定で、希少元素・有害元素を含まない、インク液として材料に塗布・修飾できるため、ウイルス識別素子を付与した機能化導電性ポリマーを紙や不織布に印刷し、電気的センサの検出部として用いることで、簡易ポイント・オブ・ケアデバイスでの唾液・飛沫中のウイルスを検出できます。また、エアロゾルの状態で空气中に漂うウイルスを検出についても期待できます。

※関連する発表論文・特許名称・出願番号等

- ・ W. Hai *et al.*, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **2017**, *9*, 14162-14170.
- ・ T. Goda *et al.*, *Langmuir*, **2019**, *35*, 1126-1133.
- ・ 特開 2023-107255 ウイルスの質量検出センサおよび測定装置



技術・ノウハウの強み(新規性、優位性、有用性)
<ul style="list-style-type: none">・導電性有機材料に分子識別素子を付与することで標的物質に対する特異性が得られます。・導電性有機材料に耐生物汚染性を付与することで選択比を高められます。・ウイルスの感染機構に倣った分子認識系は汎用性が高く、異なるウイルスの検出にも対応できます。
連携企業のイメージ
<ul style="list-style-type: none">・導電性ポリマー (PEDOT) の医工学・バイオ応用等を研究開発している企業・ウェアラブルまたはステッカー型によるバイオセンサの研究開発企業・Near field communication (NFC)無線通信式の薄膜センサの研究開発企業・紙や不織布をバイオセンサとして高機能化したい企業
技術・ノウハウの活用シーン(イメージ)
<ul style="list-style-type: none">・既存の導電性ポリマー (PEDOT) の高機能化へ向け共同研究・高機能化した導電性高分子のバイオセンサとしてのアプリケーション開発・紙や不織布のバイオセンサへの応用研究
技術・ノウハウの活用の流れ
まずは、研究者とのご面談を調整させていただきます。 内容によっては、サンプルのご提供が可能です。
専門用語の解説
<ul style="list-style-type: none">・ヘマグルチニン：インフルエンザウイルスをはじめとする多くの細菌・ウイルスの表面上に存在する糖タンパク質であり、ウイルスはこのヘマグルチニンの働きによって、動物細胞表面にある糖鎖を特異的に認識して結合し、細胞内に取り込まれることにより細胞に感染します。ヘマグルチニンにはH1 から H16 までのサブタイプが存在します。H1N1 など、インフルエンザウイルスの亜型名の H はヘマグルチニンの種類を表します (N はノイラミダーゼの種類を表します)。ヒトインフルエンザウイルスに存在するのは H1、H2、H3 の三種類です。・導電性ポリマー (PEDOT)：電気伝導性を有する高分子化合物の総称であり、1970 年代に白川英樹博士 (2000 年ノーベル化学賞受賞) らによるポリアセチレンフィルムの合成を皮切りに、その研究が飛躍的に発展しました。PEDOT とは、ポリ (3,4-エチレンジオキシチオフェン) と呼ばれる高分子化合物で、ポリチオフェン類に属する代表的な導電性ポリマーです。高分子材料に共通する加工の容易さと材料特性に加え、動物の体内環境でも無害であり、かつ、比較的安定に存在することから、近年、PEDOT の医工学分野への応用が注目されています。



オープンイノベーション推進ポータル

株式会社キャンパスクリエイト

お問い合わせ先

下記から御問合せください。

https://www.open-innovation-portal.com/university/thin-film_virussensor.html