



## 人の動きから発電するシートを開発！ ～ 自己給電型ウェアラブルデバイスへの応用に期待 ～

名古屋大学未来材料・システム研究所の松永 正広 助教 と 大野 雄高 教授らのグループは、人の動作から発電する透明で伸縮性をもつ発電シートを開発しました。この発電シートは静電気的一种である摩擦帯電現象<sup>(注1)</sup>を利用したもので、人の動作などの機械的なエネルギーを電力に変換することができます。この発電デバイスはカーボンナノチューブ(CNT)<sup>(注2)</sup>の薄膜を電極として用いることで、透明性と伸縮性を得るとともに、発電シートの厚さの低減を実現しました。また、スプレーコート法という簡便な塗布法により、大面積の発電シートを作製することにも成功しました。この発電シートを用いて、発光ダイオードを用いた自己給電型の近距離光通信や手袋型の発光デバイスの実証にも成功しています。この技術は、将来的にウェアラブルデバイスの電源や接触センサ、配線不要でデザイン性の高いスイッチ類などへの応用が期待されます。

本研究成果は、科学雑誌 Nano Energy (インパクトファクター 15.55) に 11 月 16 日付でオンライン掲載されました。

なお、本研究は、科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業(CREST)「微小エネルギーを利用した革新的な環境発電技術の創出」の支援のもとで行われたものです。

### 【ポイント】

- ・透明で伸縮可能な摩擦帯電型発電シートを実現
- ・発光ダイオードを用いた自己給電型光通信デバイスの実現
- ・手袋型発光デバイスの実現
- ・自己給電型ウェアラブルデバイスへの応用に期待

## 【研究背景】

IoT（モノのインターネット化）社会が到来し、様々な場所・環境において、温度や湿度、振動などの様々な情報を得るためのセンサの需要が急激に伸びています。これに伴い、電池に代わる交換不要な電源の開発が望まれています。その中で環境に存在する微小なエネルギーを電力に変換する環境発電（エネルギーハーベスティング）<sup>(注3)</sup> 技術が注目されています。

今回の研究で着目している摩擦帯型発電は、摩擦により生ずる帯電現象を利用した環境発電技術のひとつです。本研究では、摩擦帯電型発電を用いて人の動作から発電し、ウェアラブルデバイスの電源に応用することを目指して、カーボンナノチューブ導電膜とシリコンゴムを用いることで、透明で伸縮性に優れた発電シートを開発しました。この発電シートは表面を手で触れることで、その機械的エネルギーを電力に変換します。また、表面処理技術を活用することで発電シートの透明性・伸縮性を損なうことなく高出力化を実現しました。

## 【成果の内容と意義】

### 1. 透明で伸縮可能な摩擦帯電型発電シートを実現

カーボンナノチューブ薄膜を電極材料として用いることで、透明で人の動作に追従可能な伸縮性をもつ摩擦帯電型発電シートを実現しました。

作製した発電デバイスは、透明なシリコンゴムでカーボンナノチューブ薄膜を挟んだ簡易な構造で、90%以上の高い光透過率をもちます（図 1a,b）。この発電シートの表面を手で触れることにより、その機械的エネルギーが電力に変換されます。カーボンナノチューブ導電膜を簡便なスプレーコート法により成膜し、12 cm×12 cm の大面積発電シートも実現しました。また、発電シートの表面をプラズマ処理によって改質することにより、発電能力を  $8.0 \text{ W/m}^2$  まで向上させることにも成功しました。これにより、直列に 100 個接続した青色発光ダイオード(LED)を点灯させることも可能です（図 1c）。加えて、発電シートを引き伸ばしても発電能力が落ちないことを確認しました。



図 1 a. 発電シートの模式図 b. 発電シートの写真（スケールバーは 1 cm）  
c. 直列接続した 100 個の青色 LED の駆動の様子

## 2. 発光ダイオードを用いた自己給電型光通信デバイスの実現

開発した発電シートを用いて、タップやスワイプといった直感的な手の動作により通信を行うことのできる自己給電型の光通信技術を実証しました。カーボンナノチューブをスプレーにより塗布する際に、マスクを設置して発電用の3つの電極と配線を一括形成し、異なる色のLEDを埋め込んだ一体型の光送信デバイスを作製しました(図2a)。このデバイスは、手で触る場所の違いによって、異なる色のLEDが発光し(図2b)、その色の組み合わせや順番によって様々な光信号を送信できます。図2cはスワイプ動作により青色LEDと緑色LEDを点灯(送信)させ、Arduinoという小型コンピュータで信号を受信・表示させた様子です。例えば、配線不要で透明でデザイン性の高いスイッチ類などへの応用が考えられます。

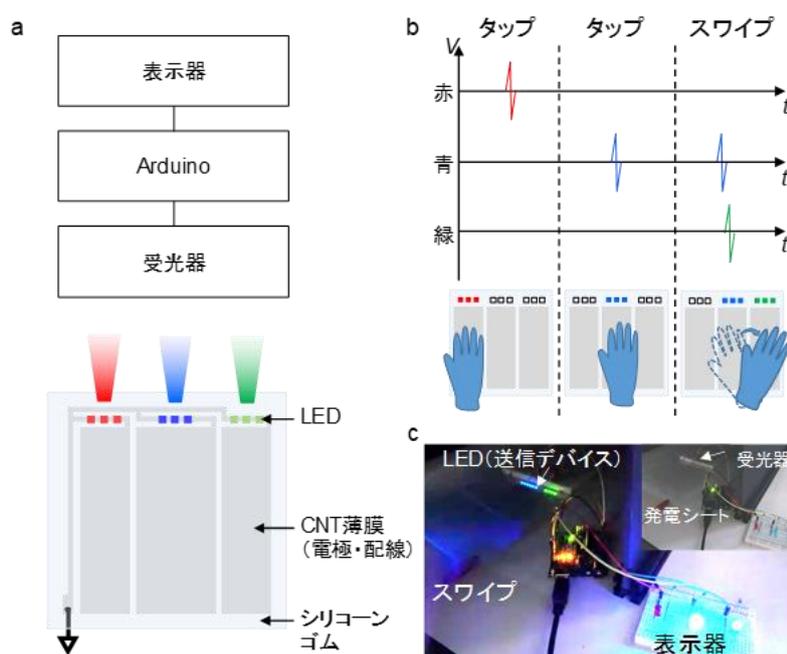


図2 a. 自己給電型光送信デバイスとシステムの概略図  
b. タップ・スワイプ動作による送信デバイスの動作の概要  
c. 送信の様子

## 3. 手袋型発光デバイスの実現

本研究で開発した発電シートを用いて、拍手をすると光る手袋型発光デバイスを実証しました。この手袋型デバイスでは、手の平側に発電シートを手の甲側に青色LEDを設置し、カーボンナノチューブを用いて配線しています(図3a,b)。この手袋型発光デバイスは、拍手によって接続された青色LEDが発光するものです(図3c)。また、カーボンナノチューブを用いて発電シートと配線を形成したことで優れた伸縮性と耐久性をもち、手袋の脱着も可能であり、人体への装着性を実証しています。これは、ウェアラブルデバイス応用の可能性を示すものです。



図3 a. 手袋型発光デバイスの概要図 b. 実際の写真  
c. 手を叩いて青色 LED を発光させている様子

### 【用語説明】

注1) 摩擦帯電現象：2つの異なる材料をこすり合わせたときに生じる静電気の種類。

注2) カーボンナノチューブ：六角形の炭素ネットワークが直径約1nm（10億分の1メートル）の円筒状になったもの。透明導電膜やトランジスタの材料として応用が期待されている。

注3) 環境発電（エネルギーハーベスティング）：身の回りに存在する微小なエネルギー（光、熱、振動など）を電力に変換する技術。身近なところでは、ソーラー腕時計などがある。

### 【論文情報】

雑誌名：Nano Energy

論文タイトル：High-output, transparent, stretchable triboelectric nanogenerator based on carbon nanotube thin film toward wearable energy harvesters

著者：松永 正広、廣谷 潤、岸本 茂、大野 雄高

DOI: [10.1016/j.nanoen.2019.104297](https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2019.104297)