



理研の博士に聞いてみよう！

洗濯やアイロンがけができる
太陽電池をつくりました。



何に使うの？

服や皮膚にはりつけて
センサーやスマホの電源にします。

福田憲二郎 博士

開拓研究本部 染谷薄膜素子研究室、
創発物性科学研究センター 創発ソフトシステム研究チーム
専任研究員

●洗濯できる太陽電池

私は東京大学の染谷隆夫博士の研究室で学びました。そこでは、とても薄くてやわらかい、電子部品をつくる研究を続けていて、現在は、厚さ1ミリメートルの1,000分の1（1マイクロメートル）ほどのとても薄い電子部品をつくることができます。それは将来、服や皮膚にはりつけて血圧や体温を測るセンサーなどとして利用できるかと期待されています。

染谷博士が理研に研究チームをつくることになり、私も加わりました。その新しい研究チームで何をめざすのか。世の中になかった新しいものをつくらうと、チームのみんなでアイデアを出し合いました。そして最初にできたのが、洗濯できる太陽電池です（図1）。まず、洗濯できる太陽電池をどのように開発したのか紹介しましょう。

センサーなどの電子部品は、電気力で動きます。薄いセンサーを動かすための電源を薄くできれば、装置全体を薄くできます。そこで、理研でも研究が

進められている有機太陽電池に注目しました。

太陽電池は光から電気をつくる発電装置です。太陽電池といえば、かたい板のようなものを思い浮かべることでしょう。現在、使われている太陽電池の主な材料は、岩石の主成分であるケイ素です。ケイ素を材料にした太陽電池



図1 洗濯できる太陽電池

は、つくるときに多くのエネルギーを使い、値段も高くなってしまいます。また、重くて曲げることができないため、大きな太陽電池は置ける場所が屋根や空き地などに限られています。

一方、有機物の主成分はケイ素よりも軽い炭素です。私たちの体も有機物からできています。有機太陽電池は、インクのように薄く塗り広げることができる有機物の性質を生かして、印刷技術を使って大面積のものをつくることができ、値段も安くできます。また、薄くて軽く、曲げることもできるため、建物の壁や自動車の車体など、これまで大きな太陽電池を設置することが難しかった場所でも利用できるようになるでしょう。

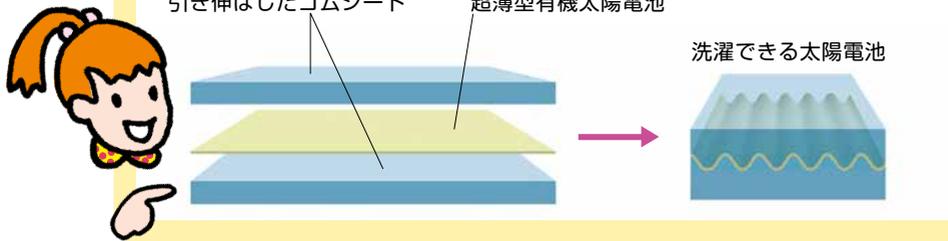
私たちが研究を進めている、服や皮膚にはりつける薄いセンサーの電源としても、有機太陽電池は最適です。そして理研には、有機太陽電池用の材料開発で最先端の研究をしている瀧宮和男博士たちがいます。私たちは、瀧宮博士たちといっしょに、新しい有機太陽電池の開発を進めることにしました。

●ゴムシートではさんで水に強くする

では、どのような新しい有機太陽電池をめざすのか。すでに伸ばしたり縮めたりすることができる超薄型の電子部品はつくれるようになっていました。そのしくみはこうです。引き伸ばした状態のゴムシートの上に薄い電子部品をはりつけます。ゴムシートを元に戻すと、薄い電子部品は細かく波を打ったような形に縮みます。それにより伸び縮みできるようになります。

一方、瀧宮博士たちは、発電性能が高い有機太陽電池の材料を開発してい

図2 洗濯できる太陽電池



ました。その二つの技術を組み合わせれば、伸び縮みができて、発電性能の高い超薄型有機太陽電池ができるでしょう。

もっと今までにない特長を加えられないか、さらにみんなでアイデアを出し合いました。そしてあるとき、「服や皮膚につけたとき、水にぬれたりひっかいたりしてもこわれずに、有機太陽電池を2枚のゴムシートではさみたら」という良い考えが浮かびました。

これまでは、電池の下側だけにゴムシートをつけていました。それを上側にもつけて、サンドイッチのように超薄型有機太陽電池をはさみこみました（図2）。こうして、水にぬれてもこわれず、伸び縮みができて発電性能の高い有機太陽電池ができました。それが、洗濯できる太陽電池です。

●アイロンがけができる太陽電池

洗濯できる太陽電池を発表したところ、私たちが考えていた以上に、大きな反響がありました。そして、日本やアメリカの大学、企業の研究者たちが私たちの研究に加わり、さらに新しい有機太陽電池をつくることにしました。

まず、超薄型有機太陽電池は熱を加えると発電性能が大きく落ちてしまうという問題に取り組みました。いっしょに研究を始めた企業では、熱に強い有機太陽電池の材料をつくっていました。その材料を使って超薄型有機太陽電池をつくってみました。材料を超薄型の太陽電池に加工するときの熱により、熱に弱い材料では発電性能が落ちてしまいましたが、熱に強いその材料を使うと発電性能が落ちにくいことがわかりました。

熱に強いので、アイロンがけができるのではないかと思います、実際にやってみ



図3 アイロンをかけて太陽電池を布にはりつける実験

図4 アイロン加工でワイシャツにはりつけた太陽電池

ました。さらに、超薄型有機太陽電池と布の間に接着用のシートをはさんで、アイロンをかけてはりつける実験も行いました（図3・図4）。いずれの実験でも、アイロンをかける前後で発電の性能はほとんど変わりません。こうしてアイロンがけができる太陽電池を開発できたのです。

これまでの超薄型有機太陽電池は、空気中におよそ1カ月間置いておくと、空気中の酸素や水分によって材料の性質が変化して、発電性能が半分になってしまうという問題もありました。私たちは、超薄型有機太陽電池をシートで閉じこめ、空気にふれないようにくふうしました。それにより、約2カ月半で1/5しか性能が落ちなくなりました。

図5 発電できる服やふろしき



超薄型有機太陽電池を布にはりつけることで、発電できるカーテンや服、ふろしきなどができるでしょう（図5）。カーテンで発電できれば、その分、省エネルギーにつながります。発電できる服は、外出先でスマートフォンの充電などに使えるでしょう。発電できるふろしきを折りたたんで防災グッズの一つとして用意しておけば、大地震で停電が起きたときでも、電気を利用することができます。

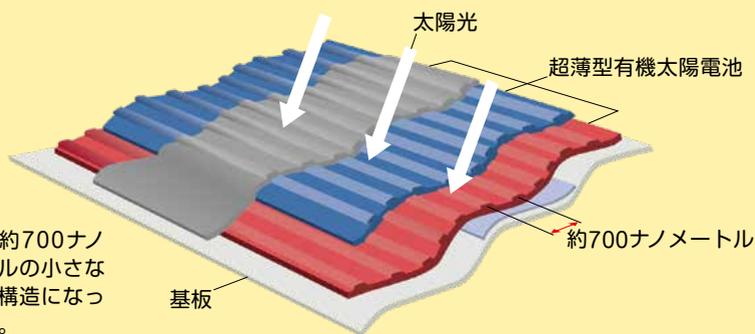
●皮膚につけたセンサーを太陽電池だけで動かすことに成功

そもそも私たちが超薄型有機太陽電池の研究を始めたのは、薄いセンサーを動かすためです。実際に、センサーと太陽電池を組み合わせて、皮膚にはりつけるタイプの装置をつくってみることにしました。

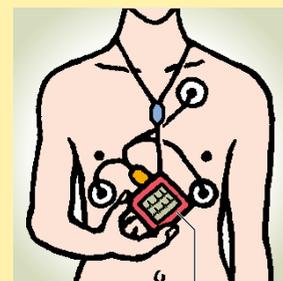
太陽電池は、太陽光のエネルギーをすべて電気の力にかえられるわけではありません。太陽光のエネルギーを電気の力にかえる効率（発電性能）が最も高くなるのは、光が太陽電池に対して垂直に当たった場合です。斜めから当たるほど表面で光が大きく反射して、効率は落ちてしまいます。皮膚にはりつけた超薄型有機太陽電池には、いろいろな角度から光が当たります。そのようなときにも、なるべく効率が落ちないようにくふうする必要があります。

そこで、理研の但馬敬介 博士たちと協力して、超薄型有機太陽電池の表面を約700ナノメートル（0.7マイクロメートル）というとても小さな波形の構造

図6 斜めから当たった光も効率よく電気にかえるしくみ

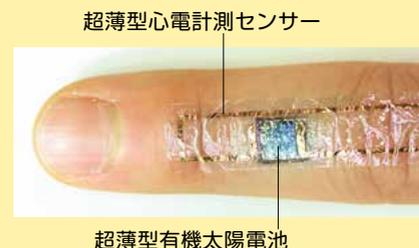


表面が約700ナノメートルの小さな波形の構造になっている。



乾電池や蓄電池で動く現在の装置はこれくらいの大きさ！

図7 指にはりつけた、太陽電池の電力だけで心臓の活動を調べるセンサー



造にしました（図6）。こうすることで、反射が小さくなって、光をむだなく発電に利用できるようになり、光が斜めから当たったときでも効率があまり落ちなくなりました。垂直に光が当たった場合の効率も、波形の構造にしないときに比べて10.0%から10.5%に上がりました。これは、曲げることでできるやわらかい有機太陽電池としては世界最高効率です。

次に、その太陽電池と心臓の活動を調べる超薄型の心電計測センサーをつないだ装置をつくり、皮膚にはりつけました（図7）。その装置により、太陽電池で発電した電気だけで、センサーを動かすことができました。

でも、太陽の光が当たらない夜中にもセンサーを動かす必要があります。そこで私たちは、発電した電気をためる超薄型の蓄電池の研究も始めています。

このような研究を進めることで将来、皮膚につけたセンサーで、充電をしなくても24時間、体の状態を調べて病気を防ぐ、といったことができるようになるかもしれません。

超薄型有機太陽電池で動くセンサーは、いろいろなところで利用できるはずです。現在、会社や学校、家の中にセンサーをつけて、人がいる場所や、人がいる時間だけエアコンを動かしたり明かりをつけたりすることで、消費電力を減らしています。そのようなセンサーを超薄型有機太陽電池で動かせば、わざわざ電線をつなげて電気を送ったり乾電池を入れておいたりする必要がなくなります。今よりもたくさんのセンサーをあらゆる場所につけることができ、さらに省エネルギーにつながるはずです。

超薄型有機太陽電池を私たちの生活にもっと役立てることはできないか、新しいアイデアをみんなで出し合いながら、研究を続けていくつもりです。