

## 研究成果報告書

所属機関	職名	氏名
福島大学 共生システム理工学類	教授	島田 邦雄

## 研究テーマ

伸び縮みと弾力性を有する新しい次世代型太陽電池の開発

## 研究報告

## 1. 研究の背景と目的

エネルギー問題を解決する手段として我が国でもっとも注目されているのが太陽電池である。その他、マイクロ水力や小型風車などの開発も再生可能エネルギーとして最近盛んであるが、わが国では太陽電池に対する依存性が非常に強く、そうした面で太陽電池の更なる発展・開発が期待されている。しかしながら、従来の太陽電池は、一般的に硬い固体材料で作られており、衝撃力や曲げに非常に弱い。また、固体の平板状であるので、平板として活用するのみに使い道が限定されている。そこで、もし変形可能な太陽電池ができるとしたら、平板として活用するだけでなく、色んな部材の部位に自由に設置できるようになるばかりでなく、押ししたり曲げたりしても元に復元するので、現在の太陽電池における取り扱いがより便利で、また、多様な使い方ができるようになる。例えば、住宅や公共設備、ビルなどにおいて弾力性・伸び縮みがあり自由に変形できる軽い太陽電池を適用すれば、平板で思い今の太陽電池の設置場所が限定されたり、面積を取られて影が出来るといったことがなく、色んな外壁等に場所を取らずに塗るような感じで設置できるようになる。また、ロボットなどに対して、柔軟性のあるゴムの外皮に太陽電池を搭載することができ、外部あるいは内部の電源を必要としない夢のようなロボットが完成することにもなる。

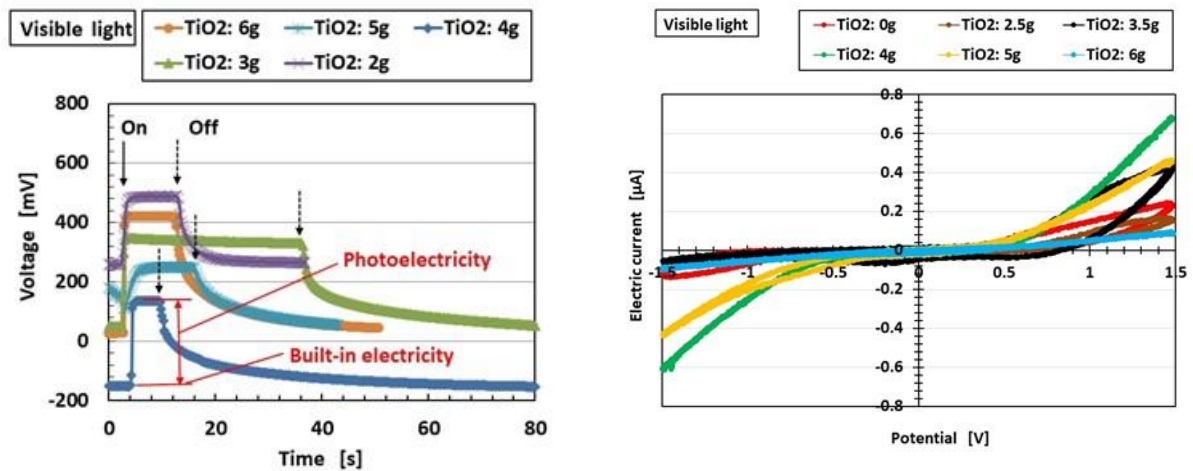
このように、太陽電池を柔軟性と伸張性に富むゴムとすることで、上述した以外にも様々な使い道が創造でき、工業的・産業的にも大きなブレークスルを生み出すことになるのは想像に難しくなく、エネルギー問題を解決する以外に様々な工業的・産業的分野において大きなブレークスルを生み出す必要性があるという点から、本研究は重要である。これに対して、本申請者は、新聞報道やポスタ、実演により、2018年8月29日～30日に東京ビッグサイトにおいて「大学イノベーションジャパン」に出展した他、特許出願（「島田邦雄，太陽電池，特許出願2017-212382，平成29年11月2日」）しており、その後の研究成果が期待されている。

こうした世論からの期待も受けて、本研究では、さらに研究を推進させ、早期の実用化を目指すものである。すなわち、ゴムを太陽電池化することによって、従来に無い柔軟性と伸張性に富む全く新しい太陽電池の開発を行い、喫緊の課題となっているエネルギーに対する再生可能エネルギーの進展に寄与し、上述したように住宅、ロボットなど柔軟性のある太陽電池が求められる多くの分野に対して、工業的・産業的飛躍、太陽電池の発展・活用における飛躍の一助に貢献しようとするものである。

## 2. 研究成果および考察

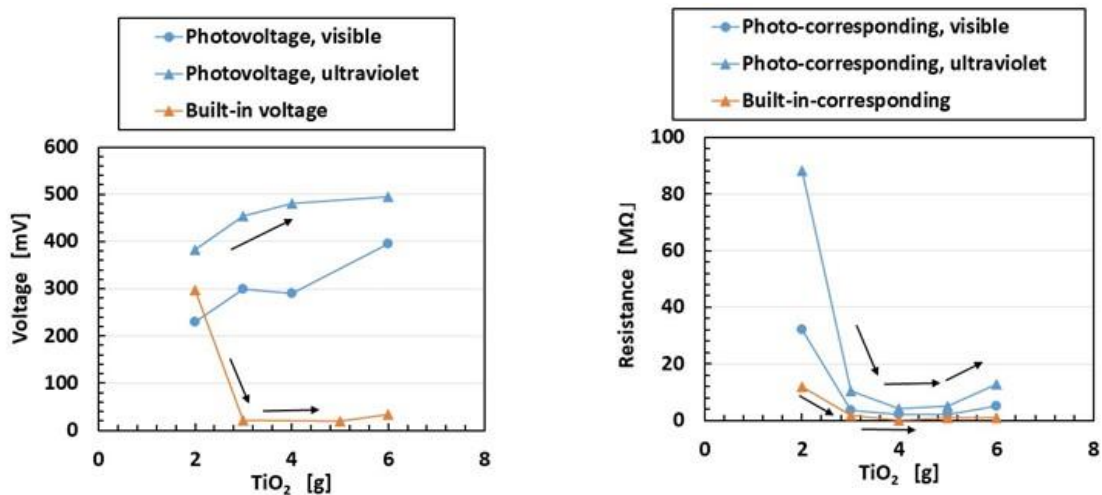
太陽電池を柔軟性と伸張性に富むゴムとするには、風船ゴムに使われている天然ゴムを主成分に用いる。天然ゴムに光励起するドーパント（試薬，特に錯体と呼ばれる試薬は光励起するために従来の固体型太陽電池で開発されているメジャーなものであり，これが使用できる）を混合した状態で，さらに，磁場に反応する磁性流体や金属粒子を共に混合した状態（この磁性を有する流体を磁気混合流体（Magnetic Compound fluid (MCF) と称する）にすると，磁場を印加しながら電場を印加（電解重合）することによって，磁性流体と金属粒子から成る棒状の凝集体（磁気クラスター）が生成して印加磁場方向に整列することによって，ゴム分子も磁気クラスターの整列方向に整列し電解重合によってゴム化する。ここで，一般のゴム化は加硫法によって行われるが，電解重合によってもゴム分子同士が架橋する。そこに光を印加することによって，磁気クラスターの方向にドーパントより光励起した電子の橋渡ししが粒子間で順次起こって，結局，電圧と電流が誘起される。太陽電池の場合，ドーパントはTiO<sub>2</sub>が最適であり，色素増感型太陽電池などによく用いられていることから，本研究では，これに着目した。光として太陽光と紫外光を用いたが，太陽光による光起電力効果の一例を図1に示す。図1(a)に示すように，光起電力（図中のPhotoelectricity，光起電圧と光起電流の両方ある）と自己誘起電力（図中

のBuilt-in electricity, 自己誘起電圧と自己誘起電流の両方ある) の両方をMCFゴム太陽電池は有する。前者は太陽電池として, 後者はバッテリーとして駆動させることができる。さらに, 図1(b)に示すように,  $TiO_2$ の量によってフォトダイオードとしての特性を生じさせることができることから, 太陽電池以外にフォトダイオードとしての利用も出来る。図2(a)に示すように,  $TiO_2$ の増加により光起電圧が大きくなるが, その時, 電気抵抗が小さくなる。これは, 紙面の制限上ここでは記載できないが(詳細は4. 研究発表の1)を参照のこと), 光起電力が生じる要因は, MCFゴム太陽電池に用いる色素と電解液, 酸化物( $TiO_2$ , 磁性流体中の $Fe_3O_4$ ), 金属粒子(Ni), オレイン酸( $Fe_3O_4$ に被覆せる), 天然ゴム(NR-late)分子, 水分子(磁性流体とNR-lateの母液)による光化学変化に起因する。



(a)光起電力と自己誘起電力 (b)ポテンシヨスタットによる特性

図1. MCFゴム太陽電池の光起電力効果の一例



(a) $TiO_2$ による光起電圧の変化 (b)  $TiO_2$ による電気抵抗の変化

図2.  $TiO_2$ による光起電力と電気抵抗の変化の一例

次に, 図2に対して, 伸張, 圧縮した時の特性変化が, 図3に示す実験装置を用いることにより, どうなるのかについて見てみる。

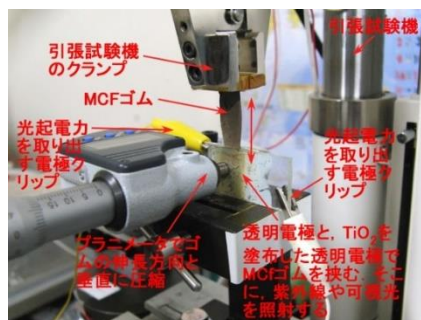
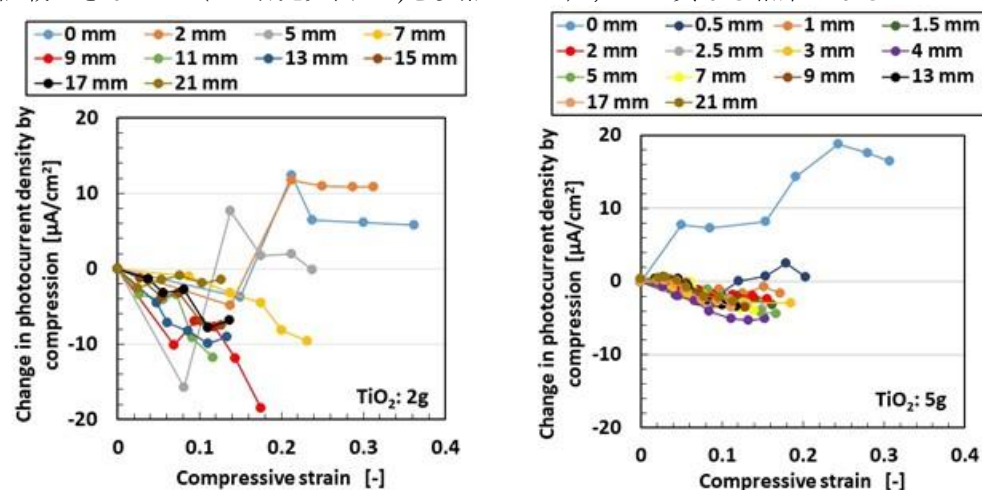
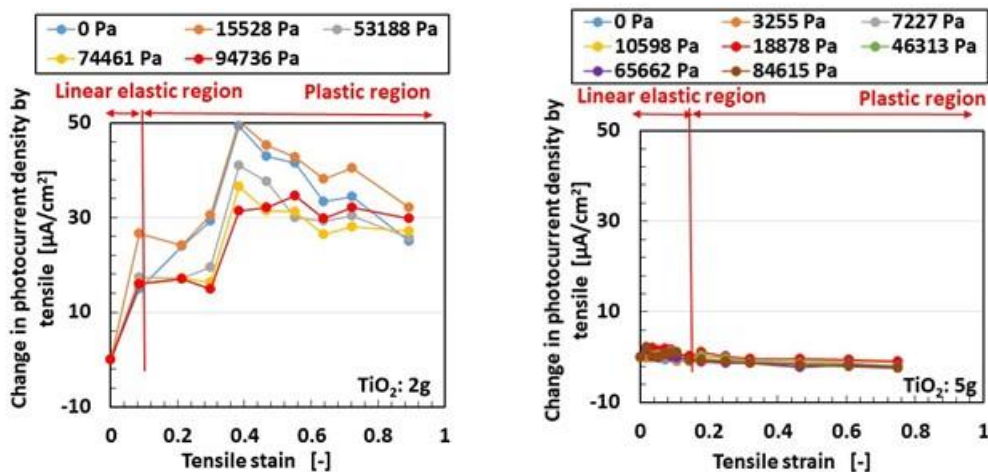


図3. 伸張, 圧縮した時のMCFゴム太陽電池の特性変化を調べる実験装置

図4に示すように、TiO<sub>2</sub>が小さい時は、伸張や圧縮による光起電流による変化が大きいが、TiO<sub>2</sub>が多くなるとその変化が小さくなる。光起電圧、自己誘起電圧、自己誘起電流については、紙面の制限上ここでは記載できないが（4. 研究発表の1）を参照のこと）、また異なる結果となる。



(a)光起電流の圧縮による変化



(b)光起電流の伸縮による変化

図4. TiO<sub>2</sub>による光起電力の変化の一例

### 3. 将来展望

従来の太陽電池は固体の硬いものであり、しかも平板に限られている。有機太陽電池や色素増感型太陽電池も最近提案されてきているが、本研究のように伸縮性と圧縮性に優れている太陽電池は、国内外ともに未だ提案されていない。本研究は、そうした伸縮性と圧縮性に優れている太陽電池の作り方と特性について示すものであり、次世代型の太陽電池として将来有効開発されることに資するものである。

### 4. 研究発表

- 1) Kunio SHIMADA, Hiroshige KIKURA, Ryo IKEDA, Hideharu TAKAHASHI, Clarification of catalytic effect on large stretchable and compressible rubber dye-sensitized solar cells, *Energies*, Vol. 13, No. 24, 2020, 6658
- 2) Kunio SHIMADA, Ryo IKEDA, Hiroshige KIKURA, Hideharu TAKAHASHI, Enhancement of diversity in production and application utilizing electrolytically polymerized rubber sensors with MCF: 1st report on consummate fabrication combining varied kinds of constituents with porous permeant stocking-like rubber, *Sensors*, Vol. 20, No. 17, 2020, 4658
- 3) Kunio SHIMADA, Ryo IKEDA, Hiroshige KIKURA, Hideharu TAKAHASHI, Enhancement of diversity in production and application utilizing electrolytically polymerized rubber sensors with MCF: The second report on various engineering applications, *Sensors*, Vol. 20, No. 17, 2020, 4674