

平成 30 年 3 月 7 日

太陽電池と piezo素子を併用し伸縮する新機能性ゴムを開発

福島大学共生システム理工学類の島田邦雄教授は、伸縮性と圧縮性に優れた太陽電池と piezo素子のセンシングの両方を兼ね備えた、新しいゴムセンサーを開発することに成功しました。

このゴムセンサーの母体は、2001 年に島田教授により新しく開発された磁気混合流体 (Magnetic Compound Fluid (通称, MCF)) を天然ゴム (NR-latex) に混合したものであるため、MCF ゴムセンサーと呼ばれます。

なお、本研究の成果は後述の掲載誌・論文に示すように、様々な雑誌に掲載されたほか、特許を出願中です。

【研究のポイント】

- ・機能性流体を電解重合によりゴム化する手法を開発
- ・低電力を印加するシンプルな方法により、ゴムでの導電性を得ることに成功
- ・伸縮性と圧縮性に優れた太陽電池の開発
- ・伸縮性と圧縮性に優れた新素材のセンサーを開発

【研究の背景】

従来の太陽電池や、piezo素子 1 などのセンサーは、ゴムのように伸縮性がなく、衝撃力など圧縮力を加えると破壊してしまいます。これに対して、伸縮性と圧縮性に優れた新しい太陽電池やセンサーの開発が求められていました。

【今回の成果】

MCF は、10nm 2 オーダーのマグネタイト粒子と、1 μ m 3 オーダーの金属粒子とから成るコロイド溶液で、磁場に反応する機能性流体と呼ばれるものです。これを風船などの原材料である天然ゴムに混ぜてゴム化したものが MCF ゴムと呼ばれます。

ゴム化する方法としては、硫黄を混ぜて加熱する加硫法が一般的ですが、島田教授は、電解重合 4 によりゴム化する新しい手法を世界で初めて開発しました。

この時、磁場を印加しながら行くと、MCF の粒子が磁力線方向に並んだ形 (磁気クラスタ) が形成され、それに沿って電気が非常に良く流れることになり、 10^{-2} m という金属に近い電気抵抗率を得ることに成功しました。通常の金属は、 $10^{-2} \sim 10^{-5}$ m であり、

絶縁体は $10^{16} \sim 10^{10}$ m です。

2000 年にノーベル化学賞を受賞した白川秀樹教授らによる導電性プラスチックは、触媒法やドーピング（薬剤添加）により 10^{-2} m 以下の導電体の作成に成功していますが、高分子 5 にはプラスチックとゴムとがあって、未だゴムについては導電性プラスチックと同じような方法では行われていません。MCF ゴムは、低電力を印加するのみという非常にシンプルな方法により、高分子の中でも未だ行われていないゴムでの導電性を得ることに成功したものです。

また、適切なドーピング（薬剤添加）を施すことによって、 piezo 素子や光起電力効果 6 を有する太陽電池にもすることができ、これら両方の性質を兼ね備えた新しい素材と言えます。加えて、母体がゴムであるため伸縮性や圧縮性に富み、従来の piezo 素子や太陽電池と比較して、衝撃力等により壊れることはありません。

今後は、未来型ロボットの人工皮膚や、太陽電池としての利用が期待されます。

【掲載誌・論文】

- 1 . Kunio Shimada, Elastic Dry-Type Solar Cell Rubber with Photovoltaics and Piezoelectricity for Compressive Sensing, Proceedings 2018, 2(3), 112; doi:10.3390/ecsa-4-04890 (selected best paper award)
- 2 . 島田邦雄 ,天然ゴムを用いた電解重合法による新しい超触覚センサと新しい機能材料, 日本ゴム協会誌 2018 , 91(2) , pp.55-59
- 3 . Kunio Shimada, Enhancement of MCF Rubber Utilizing Electric and Magnetic Fields, and Clarification of Electrolytic Polymerization, Sensors 2017, 17(4), 767; doi:10.3390/s17040767
- 4 . Kunio Shimada, Norihiko Saga, Development of a Hybrid Piezo Natural Rubber Piezoelectricity and Piezoresistivity Sensor with Magnetic Clusters Made by Electric and Magnetic Field Assistance and Filling with Magnetic Compound Fluid, Sensors 2017, 17(2), 346; doi:10.3390/s17020346
- 5 . 島田邦雄 , ロボットにおける MCF ゴムを利用した磁場援用電解重合法による新しいセンサの開発とセンシング技術, 日本 AEM 学会誌 2017 , 25(1) , pp.28-35
- 6 . 島田邦雄 , 太陽電池 , 特許出願 2017-212382
- 7 . Kunio Shimada, Norihiko Saga, Mechanical Enhancement of Sensitivity in Natural Rubber Using Electrolytic Polymerization Aided by a Magnetic Field and MCF for Application in Haptic Sensors, Sensors 2016, 16(9), 1521; doi:10.3390/s16091521

【用語解説】

1 ピエゾ素子

圧縮により電圧が発生する，ピエゾ効果（圧電効果）を有するセンサー．

2 nm（ナノメートル）

1mm の百万分の 1 の大きさ．

3 μm （マイクロメートル）

1mm の千分の 1 の大きさ．

4 電解重合

電気を印加することによってゴム化する方法．

5 高分子

分子量の大きい分子で，プラスチックやゴムなどがある．2000 年にノーベル化学賞を受賞した，白川英樹博士（筑波大学名誉教授）が発見した高分子が導電性高分子である．高分子は通常は電気を通さないが，導電性高分子は電気を通すという特徴がある．

6 光起電力効果

物質に光を照射することで電圧が発生すること．

（お問い合わせ先）

共生システム理工学類教授 島田邦雄

電 話：024-548-5214

メールアドレス：shimadakun@sss.fukushima-u.ac.jp

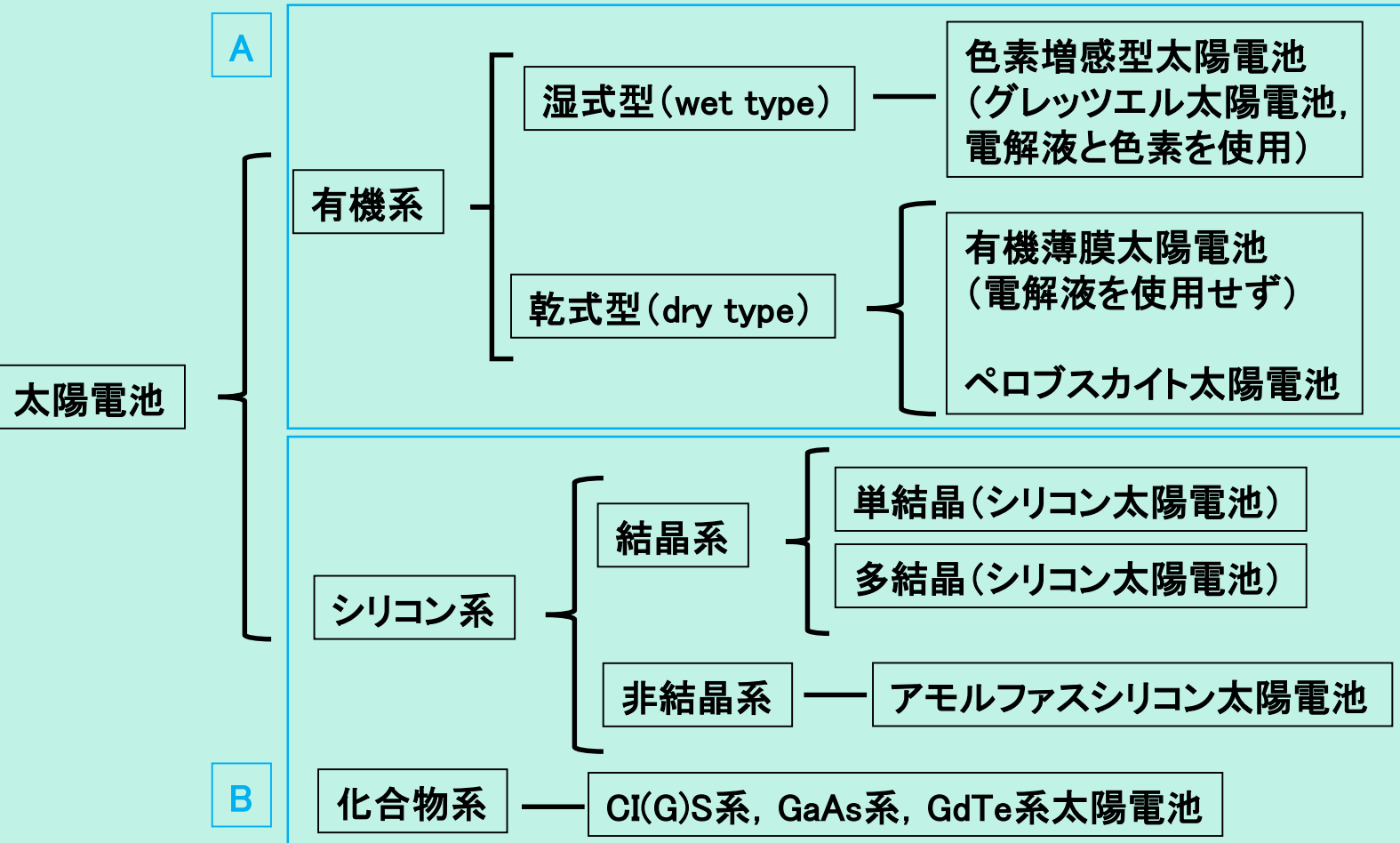
伸縮する太陽電池とピエゾ素子を併用する新機能性ゴム

福島大学 共生システム理工学類 教授 島田邦雄

これまでの太陽電池

A: 最近, 研究されてきている

B: 一般的に普及されている, 電気の安定性高い



MCFゴム太陽電池

- ・ Aの部類に属する
- ・ 湿式型と乾式型の混合
- ・ 天然ゴム(NR-latex)をベースにする

風船と同じくダイナミックに伸縮・圧縮

+

MCFゴムの技術によりセンシング機能, 自己発電機能, バッテリー機能 の付与)

応用の可能性

- 未来型ロボットの外皮: 太陽光により 発電⇒蓄電⇒センシング (触覚機能) + 人間の皮膚と同じように伸び縮み
- 壊れない太陽電池
- ピエゾ素子と同じセンシング など幅広い

MCFゴム作成の新技术

- 電解重合法 ⇒ ゴム化させるため(従来の加硫法は不要)
- 磁場援用による磁気クラスタ生成法 ⇒ バルクヘテロが自己形成

ドーピングによって
光起電力発生
⇒太陽電池

+ 圧縮力, 伸長力に
よって電気特性変化
⇒センシング

MCFゴムのゴム化

MCFとは
2001年に島田により発明された新しい磁気機能性流体。
10nmオーダの強磁性微粒子(マグネタイト, Fe_3O_4)と, μm またはnmオーダの金属粒子を含むコロイド溶液。基本的に磁性流体と金属粉の混合から成る。

天然ゴム(NR-latex)

MCFゴム作成の新技术により作成

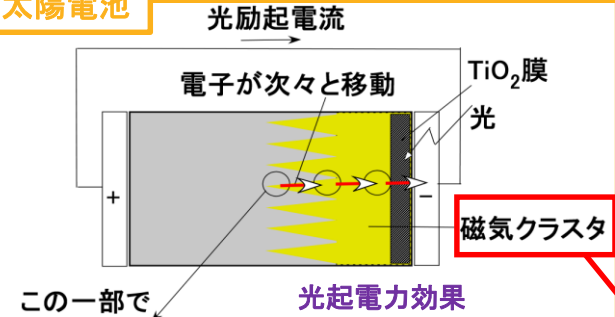
MCFゴム



太陽電池化
センサー化

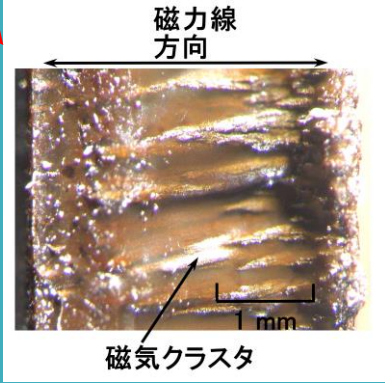
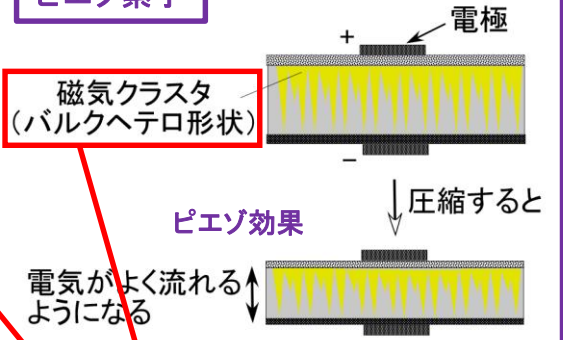
光起電効果とピエゾ効果の仕組み

太陽電池

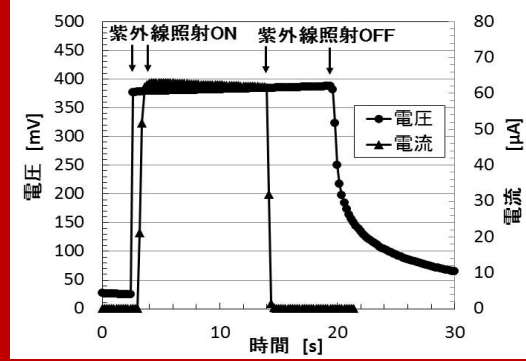
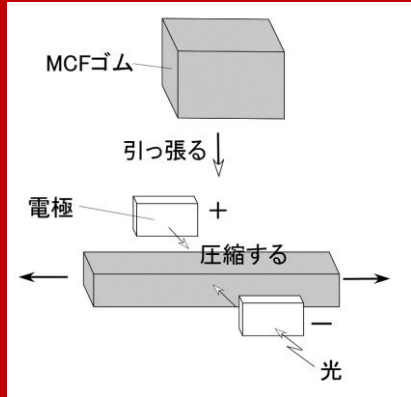


MCFゴム中の分子(NR-latex, オレイン酸, 水分), TiO_2 など, 電解液, 色素 など
⇒ すべて混合, あるいは, 電解液, 色素を塗布
↓
光励起電流発生⇒太陽電池
自己誘起電圧発生⇒ピエゾ効果⇒センシング

ピエゾ素子



実験結果の一例(引っ張った時の光起電力効果とピエゾ効果)



伸び縮み, 圧縮しても電圧, 電流が生まれ, 変化する

問い合わせ先: 福島大学 共生システム理工学類 教授 島田邦雄 024-548-5214)