



Tokyo Tech

2019年7月18日

報道機関各位

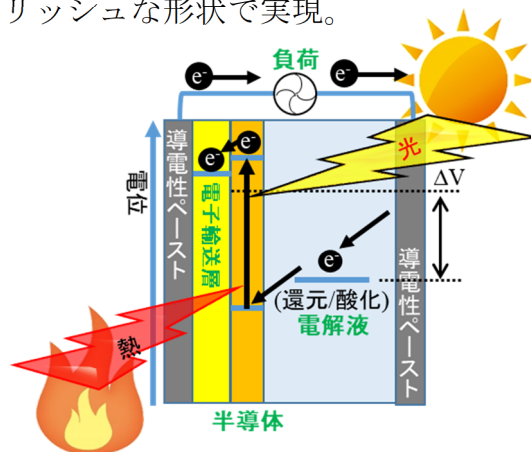
国立大学法人 東京工業大学
三櫻工業株式会社

地熱や工場廃熱などの熱源に置くだけ埋めるだけ！ 熱エネルギーで直接発電する“増感型熱利用発電”を開発

—石油資源に依存せず、天候にも左右されにくい電気エネルギー生成方法で、
エネルギー問題の解決に向け一歩前進—

【要点】

- 熱源から発生する熱エネルギーで直接発電する“増感型熱利用発電”の開発に成功した。
- この“増感型熱利用発電”は、色素増感型太陽電池における光エネルギーを使って電子を励起する光励起を、熱エネルギーによる電子の熱励起に置き換えることで達成した。
- 地熱や工場廃熱などの熱源に置くだけ、埋めるだけで発電する。しかも、発電は40℃～80℃と身近にあふれる温度で成功。
- 発電終了後、熱源の下に放置しておくと、発電性能が復活する。
- シート状のスタイリッシュな形状で実現。



“増感型熱利用発電”模式図。色素増感型太陽電池では、光エネルギーによって電子が励起されるが（光励起）、増感型熱利用発電では、熱エネルギーにより電子を励起（熱励起）し、発電する。

【概要】

東京工業大学 物質理工学院 材料系の松下祥子准教授および三櫻工業株式会社は、熱源に置いておけば発電し、発電終了後そのまま熱源に放置すれば発電能力が復活する、増感型熱利用電池の開発に成功した。

太陽電池では光エネルギーにより生成した電子を利用するが、この電池では熱エネルギーにより生成した電子を利用する。通常、熱により生成した電子だけでは発電は生じない。熱だけの場合、半導体の中で電子は安定し、電子は移動せず電流生成に至らない。そこで、松下准教授は、熱により生成した電子と、酸化還元の化学反応を組み合わせることで発電させることに成功した。さらに、熱下でのイオンの移動を電解質内で制御することで、発電終了後そのまま熱を与え続けるだけで発電能力を復活させることができた。すなわち、本発電装置によって、熱源に埋めて、回路のスイッチをオンオフするだけで、熱エネルギーにより直接発電することが可能となった。

特に、今回、半導体として狭いバンドギャップを持つゲルマニウム（トーニック製）を使用することで、発電温度を 80℃以下にまで下げることに成功。発電は 40℃～80℃と身近にあふれる温度で確認されており、今後 IoT センサ用電池からクリーンで安全な地熱利用発電所の構築、そして CO₂ 排出量の削減、エネルギー問題の解決などに資する成果である。この成果は、2019年6月20日に英国の科学誌「*Journal of Materials Chemistry A*」オンライン版に掲載された。

●背景

安全・安心でクリーンな熱エネルギーの有効利用が強く望まれている。中でも我が国の年間排出量 76%を占める 200℃以下の排熱（NEDO 2019年3月「産業分野の排熱実態調査 報告書」表 8より）の有効利用は我が国の急務と言える。

通常、熱を使った発電では、地下水を水蒸気化しタービンを回す地熱発電や温度差を利用して発電するゼーベック型熱電などで発電していた。その際、エネルギー変換効率向上が課題となっており、熱エネルギーで、そのまま直接発電が可能となる技術開発が待たれていた。

●研究の経緯

松下祥子准教授は、色素増感型太陽電池と呼ばれる**化学系太陽電池**（用語 1）に着目した。色素増感型太陽電池は、色素内の**光励起電荷**（用語 2）により電解液のイオンを酸化・還元して発電する、薄くて軽いシート状の太陽電池である。この色素内の光励起電荷を半導体の熱励起電荷に変えれば、温めるだけで発電する電池ができると予想した。また、このような熱エネルギー変換が可能ならば、冷却部不要で、熱源にデバイスを埋めて電気を得る、新しい熱エネルギー変換系の構築が可能ではないかと思いつき、熱励起電荷によるイオンの酸化・還元反応を確認した（特願 2015-175037, *Mater. Horiz.*, 2017, 4, 649–656）。ただしこの時、発電温度は 600℃であり、発電がどのように終了するのかも不明であった。

今回、松下祥子准教授ならびに三櫻工業株式会社は、半導体として狭いバンドギャップを持つゲルマニウム（トーニック製）を使用することで発電温度を 80°C まで下げることに成功し、発電終了のメカニズムを明らかにした。さらには熱エネルギーにより電解質内でイオンが拡散することを利用し、発電能力を復活させることに成功した。

●研究成果

今回作製した電池（サイズ約 2 cm × 1.5 cm、2 mm 厚、重さ 1.6 g、図 1 a）を 80°C に設定した恒温槽中に設置すると、開放電圧 0.37 V、短絡電流 3 μA/cm² の発電が確認された（図 1 b）。本電池を直列につなぐと液晶ディスプレイが点灯した。短絡電流値は高温ほど大きくなった。

80°C 内での 100 nA の連続放電テストでは、70 時間以上の継続放電が確認された。放電終了後、そのまま 80°C の恒温槽に 10 時間ほど放置しておくと発電性能が復活し、再び数時間程度発電した（図 2）。この再放電時間は、放置時間が長くなるほど伸びた。このような放電終了・再放電サイクルは少なくとも 25 回以上安定して確認された。

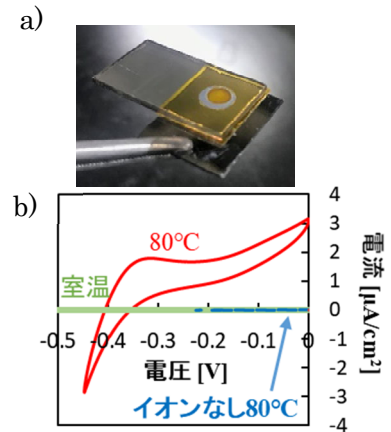


図 1 増感型熱利用電池外観 (a) とその発電性能 (b)。薄くスタイリッシュで熱により発電する。

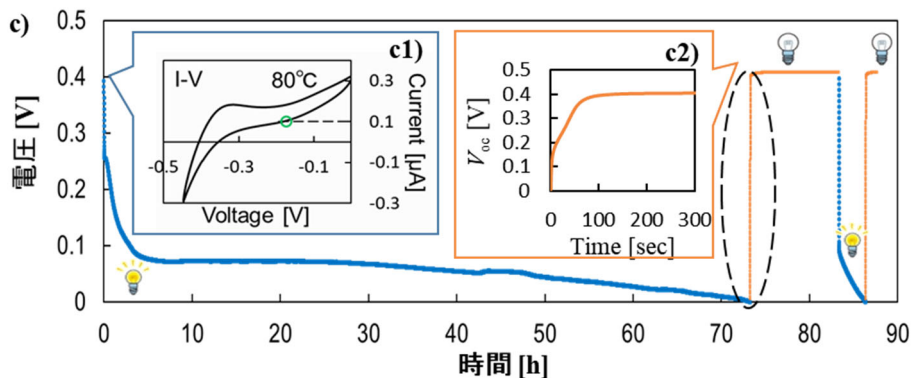


図 2 青線は発電時の、オレンジはスイッチを切った時の開放電圧値。スイッチを切ると電圧が戻り、再び発電する。

●今後の展開

今後、より安価な原料の探索、ならびに roll-to-roll に組み込める作製プロセスの検討を行い、まずは IoT センサ用電池としての社会実装を目指し、発電能力・耐久性の向上に取り組む。

【用語説明】

(用語 1) 化学系太陽電池：イオンの酸化還元反応といった化学反応を利用した太陽電池。

(用語 2) 励起電荷：外部からエネルギーを受けて、通常より大きなエネルギーを持つようになった電子及び正孔。

【論文情報】

掲載誌：*Journal of Materials Chemistry A*

論文タイトル：Sensitized thermal cell recovered by heat

著者：Sachiko Matsushita*, Takuma Araki, Biao Mei, Seiya Sugawara, Yuri Inagawa, Junya Nishiyama, Toshihiro Isobe and Akira Nakajima

DOI：10.1039/C9TA04060A

【問い合わせ先】

東京工業大学 物質理工学院 材料系 松下祥子 准教授

Email: matsushita.s.ab@m.titech.ac.jp

TEL: 03-5734-2525

FAX: 03-5734-3355

三櫻工業株式会社 新事業開発室

Email: thermal@sanoh.com

TEL: 03-5793-8412

【取材申し込み先】

東京工業大学 広報・社会連携本部 広報・地域連携部門

Email: media@jim.titech.ac.jp

TEL: 03-5734-2975 FAX: 03-5734-3661