


50℃の環境下で、4ヵ月間連続発電する新型熱電発電素子の開発に成功した。光エネルギーを使って電子を励起する色素増感型太陽電池の原理を応用し、東工大が開発した熱エネルギーによる電子の励起と酸化還元の化学反応を組み合わせた「増感型熱利用発電」を用いて実現した。安全で安心なクリーンエネルギー源として多方面での活用が期待される。

企業名	 <b>三桜工業株式会社</b>		
主力事業	自動車・輸送用機器用配管製品や自動車用樹脂製品等の製造・販売		
所在地	〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿 1-23-23		
TEL	TEL 03-5793-8411	URL	<a href="https://www.sanoh.com/">https://www.sanoh.com/</a>
資本金	34億8,110万円	従業員数	8,884名

### 【本技術の概要】

工場や公共設備などから排出される200℃以下の低温熱源の有効活用に対するニーズが以前からあった。東京工業大学物質理工学院材料系の松下祥子准教授は、熱源に置くだけで発電し、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を開発した。

通常、熱により生成した電子だけでは発電はしないが、光のエネルギーを電気に変える色素増感型太陽電池の原理を応用し、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、熱下でイオンの移動を電解質内で制御する熱利用電池を開発、80℃での発電に成功した。三桜工業は、2017年7月より本共同開発に参画。本発電システムの高出力化・高寿命化等の改良を行い、50℃環境下で4か月の連続発電に成功した。

### 【本技術の詳細】

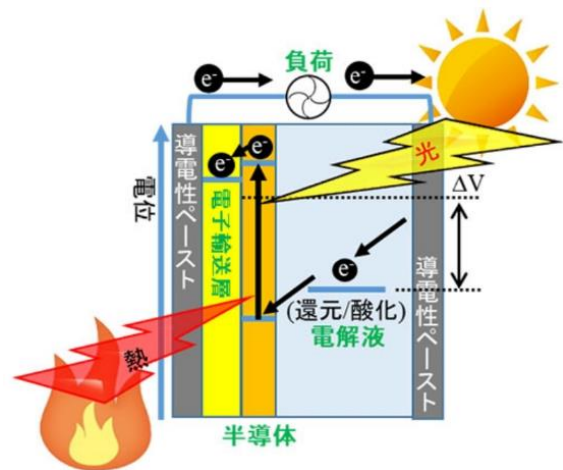
色素増感型太陽電池は、色素内の光励起電荷<sup>1)</sup>により電解液のイオンを酸化・還元して発電する薄くて軽いシート状の太陽電池である。東工大松下祥子准教授は、この色素内の光励起電荷を半導体の熱励起電荷に変えれば、温めるだけで発電する電池ができるという仮説のもと、冷却部不要で、熱源にデバイスを埋めて電気を得る新しい熱エネルギー変換電池の開発に着手した。同教授等は、熱励起電荷によるイオンの酸化・還元反応を確認したものの、この時では、発電温度は600℃であり、発電がどのように終了するのかも不明であった。しかしこのほど、半導体として狭いバンドギャップを持つゲルマニウム（トーニック製）を使用することで発電温度を80℃まで下げることに成功した。また、発電終了のメカニズムを解明し、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て発電能力を復活させることにも成功した。

開発した電池は、ゲルマニウム半導体と高分子固体電解質を利用したもので、熱エネルギーで半導体が電子を生成し、電解液中のイオンを酸化還元して発電する仕組み。従来の熱電発電素子は、素子の両端に温度差を利用することで発電するゼーバック型熱電が知られているが、素子の一方を積極的に放熱する必要があり、素子を組み込んだ発電システムが複雑になるという課題があった。今回の開発によりこの問題を解決することができた。

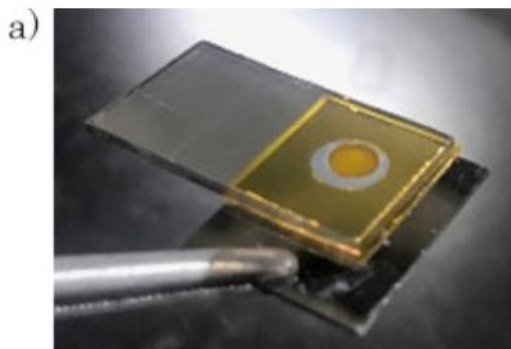
## 1. 基本特性

今回作製した電池(サイズ約 2cm×1.5 cm、2 mm 厚、重さ 1.6 g) を 80°C に設定した恒温槽中に入れ、開放電圧 0.37 V、短絡電流  $3 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  の発電を確認した。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で発電性能が復活し、再び数時間程度発電した。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。

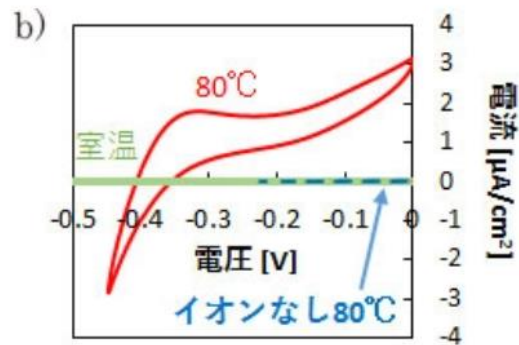
色素増感型太陽電池では、光エネルギーによって電子が励起されるが(光励起)、増感型熱利用発電では、熱エネルギーにより電子を励起(熱励起)し、発電する。



増感型熱利用発電” 模式図



a) 増感型熱利用電池外観



b) 電池の発電状況

## 2. 特徴

- 今回開発した電池は、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」。
- 本電池は、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成功した。
- 地熱や工場廃熱などの熱源に置くだけで発電する。
- 40°C~80°C と身近にある温度で発電する。
- 発電終了後、熱源の下に放置しておくで、発電性能が復活する。
- シート状の形状なので取り扱いが容易である。
- 従来の熱電素子を組み込んだ発電システムと比較して、発電システムの構成を簡単にできると見込まれる。
- 原材料の最適化により生産性の高い、ロール to ロール製造法の実現が見込める。

### 3. 成果・特許

本成果は、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。

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）として出願済み。

#### 【本技術の応用事例・事業展開】

石油資源に依存せず、天候にも依存しない安全・安心でクリーンな熱エネルギーの創出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）の有効利用が国の急務といわれている。

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バック型熱電などで発電していたが、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。

今回開発された電池は、光のエネルギーを電気に変える色素増感型太陽電池の原理を応用し、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、熱下でのイオンの移動を電解質内で制御する増感型熱利用電池である。薄く、軽量で、低温でも発電する電池として、IoT用センサーや二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）を発生しないクリーンな地熱利用発電所の電池としての展開を目指す。また、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発電能力・耐久性の向上に取り組むことが期待される。

#### 専門家による目利きコメント

石油資源に依存せず、安全・安心で大量にある 40℃～80℃の身近にある熱源を有効活用するシート状の電池が開発された。しかも、安価で大量に生産できる可能性を持っている技術である。より安価な材料の探索や R2R に組み込める製造プロセスの検討を通して発電能力・耐久性の向上を図ることで早期、商品化が望まれる。

#### お問い合わせ

社名：三桜工業株式会社  
部署：新事業開発室  
TEL：03-5793-8412  
E-mail：thermal@sanoh.com