

研究成果報告書

研究テーマ (和文)	増感型熱利用発電における熱力学的描像の構築		
研究テーマ (英文)	Thermodynamic understanding of sensitized thermal cell		
研究期間	2019 年 ~ 2020 年	研究機関名 東京工業大学 物質理工学院	
研究代表者	氏名	(漢字)	松下 祥子
		(カタカナ)	マツシタ サチコ
		(英文)	Sachiko Matsushita
	所属機関・職名	東京工業大学 物質理工学院・准教授	
共同研究者 (1名をこえる場合は、別紙追加用紙へ)	氏名	(漢字)	
		(カタカナ)	
		(英文)	
	所属機関・職名		

概要 (600字~800字程度にまとめてください。)

増感型熱利用発電 (Sensitized Thermal Cell, STC) は、温暖ガス排出ゼロに貢献する、石油資源の枯渇にも放射性物質の廃棄にも悩まない、狭いスペースにも対応した発電技術である。半導体内の熱励起電荷生成と酸化還元の化学反応を組み合わせることで、壁の中、地中などの熱源に「埋めて」発電することができる。STC が社会実装すれば、ゼロカーボンエネルギー、SDGs, 低炭素社会、資源問題など、あらゆる問題に貢献することが期待される。

申請当時は、イオン伝導度の低い電解質を利用することで半導体の熱励起電荷による酸化還元反応を確認し (Mater. Horiz., 2017, 4, 649-656.), 完全放電後に熱源に置いておくと発電性能が復活することが観察された時であった。同時に、熱源に置いておくだけで発電する STC を「永久機関ではないか?」という指摘も受け、STC の熱力学的描像の迅速な構築の必要性を感じた。

その後、採択いただき、STC の発電には電解質イオンの空間分布が大きな役割を持つことが分かった (J. Mater. Chem. A, 2019, 7, 18249-18256., Impact factor 10 以上)。これらの結果から、以下の STC の熱力学的描像を行った。

先に述べたように、STC のポイントは、放電終了後、スイッチを切ると放電能力が回復することである。このことは、スイッチオン (=回路がつながっている) 状態の「開放系」とスイッチオフ (=回路が切断している) 状態の「閉鎖系」があることを示している。閉鎖系と開放系では熱力学描像ももちろん異なるため、“スイッチのオンオフを通し 1 つの安定化状態に向かう”のではなく、“オン状態とオフ状態で 2 つの安定化状態がある”と考えるべきだろう。STC は、熱エネルギーにより、この 2 つの安定化状態を行ったり来たりしながら発電するのである (投稿準備中)。

また助成期間中、STC のデモとして、90°Cでの液晶ディスプレイ作動、夏のアスファルト上での Bluetooth 通信デバイス作動なども行った。これらの成果から、石油価格に影響を与える技術として、IEEE など日米欧口中東アジアのマスメディアで取り上げられた。

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）						
雑誌	論文課題	Sensitized thermal cell recovered by heat				
	著者名	T. Araki, et al.	雑誌名	J. Mater. Chem. A		
	ページ	18249~18256	発行年	2 0 1 9	巻号	7
雑誌	論文課題	Can CuFeS ₂ be used in a sensitized thermal cell?				
	著者名	H. Sekiya, et al.	雑誌名	Materials Today Energy,		
	ページ	100469~	発行年	2 0 2 0	巻号	17
雑誌	論文課題	Fermi Level Dependence of a Working Electrode on the Open Circuit Voltage in a Sensitized Thermal Cell				
	著者名	S. Matsushita, et al.	雑誌名	Chem. Lett.		
	ページ	1013~1016	発行年	2 0 2 0	巻号	49
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ページ	
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ページ	

英文抄録（100語～200語程度にまとめてください。）

Sensitized Thermal Cell (STC) is a small-space power generation technology that contributes to zero greenhouse gas emissions and does not deplete oil resources or cause radioactive waste. Combining thermally excited charge generation in semiconductors with redox chemical reactions, STC can be "buried" in heat sources such as inside walls, underground, etc.

With your support, we found that the spatial distribution of electrolyte ions plays a major role in the power generation of STC (J. Mater. Chem. A, 2019, 7, 18249-18256., Impact factor over 11). Based on these results, we considered two thermodynamic states: an "open system" in which the circuit is switched on (i.e., connected) and a "closed system" in which the circuit is switched off (i.e., disconnected); and constructed the STC thermodynamic picture.