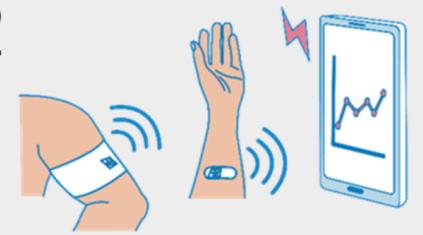


# フレキシブル有機熱電変換デバイス

IoT のためのエネルギーハーベスティング  
電源不要の無線センサネットワーク

例) ヘルスケアのための  
ウェアラブルセンサ



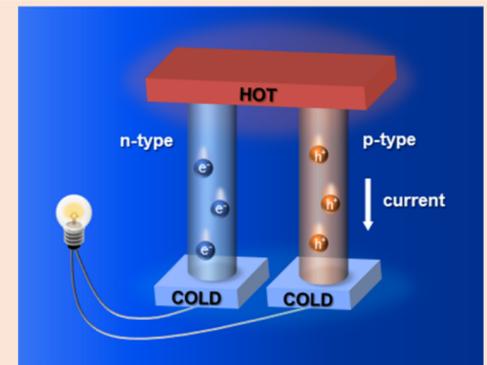
微小な熱エネルギーを利用する面積コストの低い,  
利便性の高い, 大面積フレキシブル熱電デバイスが必要

## Thermoelectric Performance

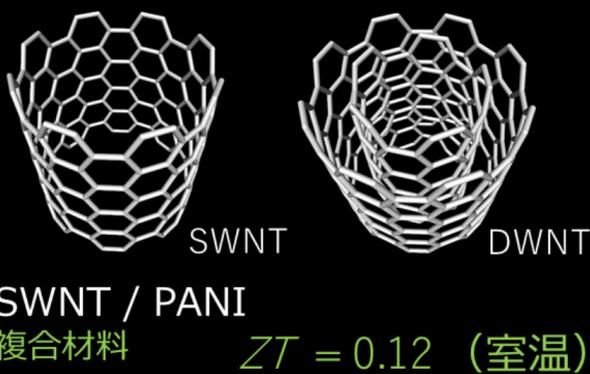
$$ZT = \frac{S^2 \sigma T}{K}$$

$S$  : Seebeck Coefficient  
 $\sigma$  : Electrical Conductivity  
 $\kappa$  : Thermal Conductivity

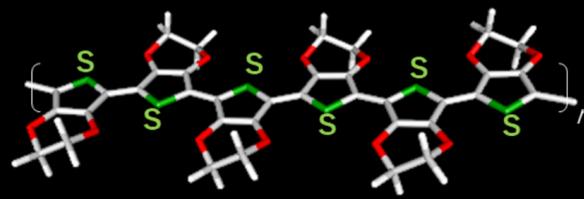
$$PF = S^2 \sigma$$



### カーボンナノチューブ



### ポリチオフェン系高分子: PEDOT

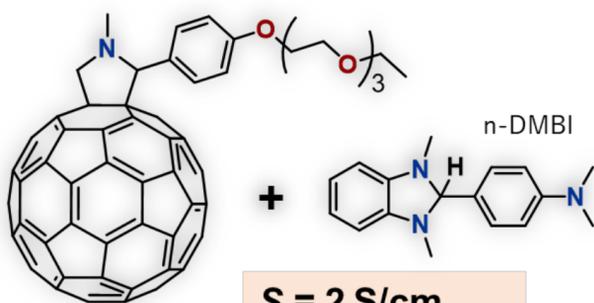


EG or DMSO 処理  
(PEDOT:PSS)  
 $PF = 300 \text{ mW/K}^2\text{m}$   
 $ZT = 0.25$  (室温)

(ドーパントの添加が不可欠)

X. Crispin, et al.,  
*Nat. Mater.* 2011, 10, 429

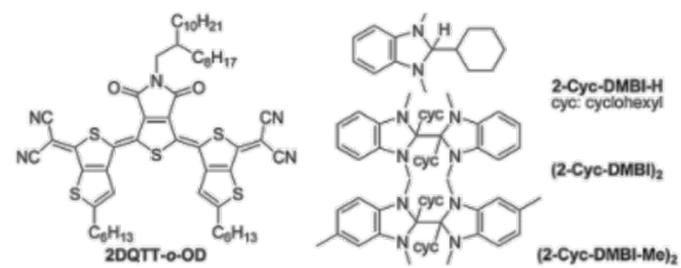
## 塗布法による n 型有機熱電膜の例



$S = 2 \text{ S/cm}$   
 $PF = 17 \text{ } \mu\text{W/K}^2\text{m}$

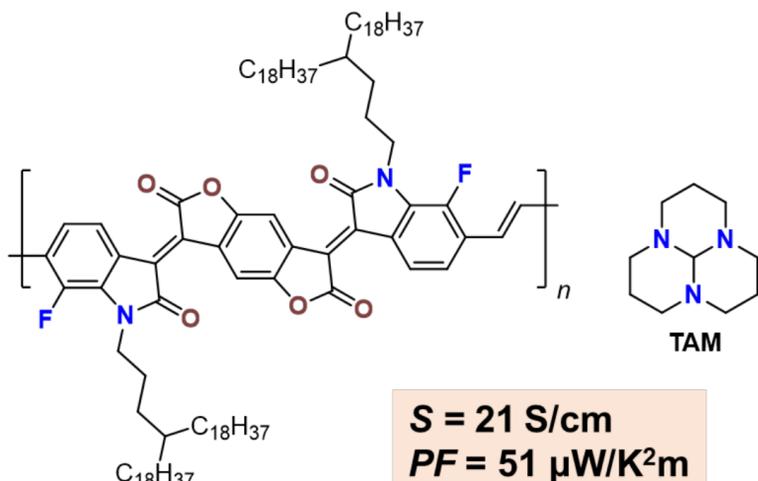
L. J. A. Koster, et al., *Adv. Mater.* 2017, 29, 1701641.

### Spin-coating

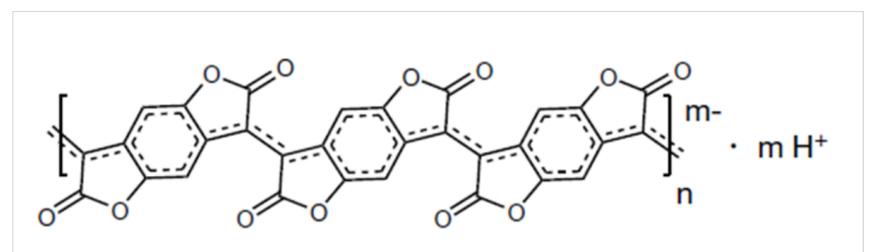


$PF = 17 \text{ } \mu\text{W/K}^2\text{m}$   $ZT = 0.02$

D. Zhu, et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2017, 9, 28795.



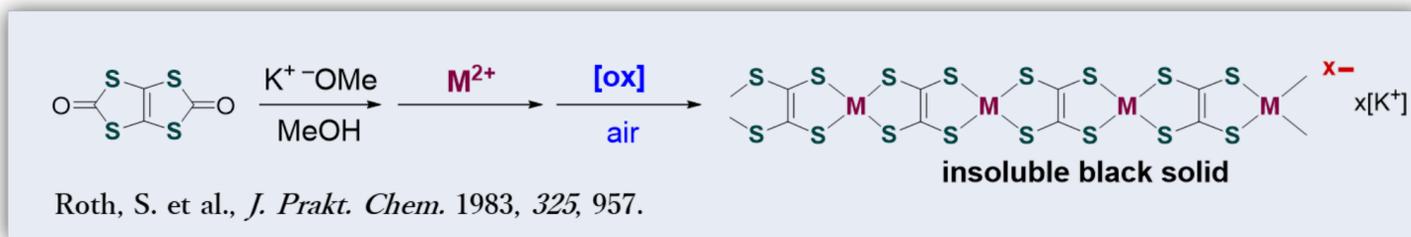
J. Pei, et al., *Nat. Commun.* 2020, 11, 3292.



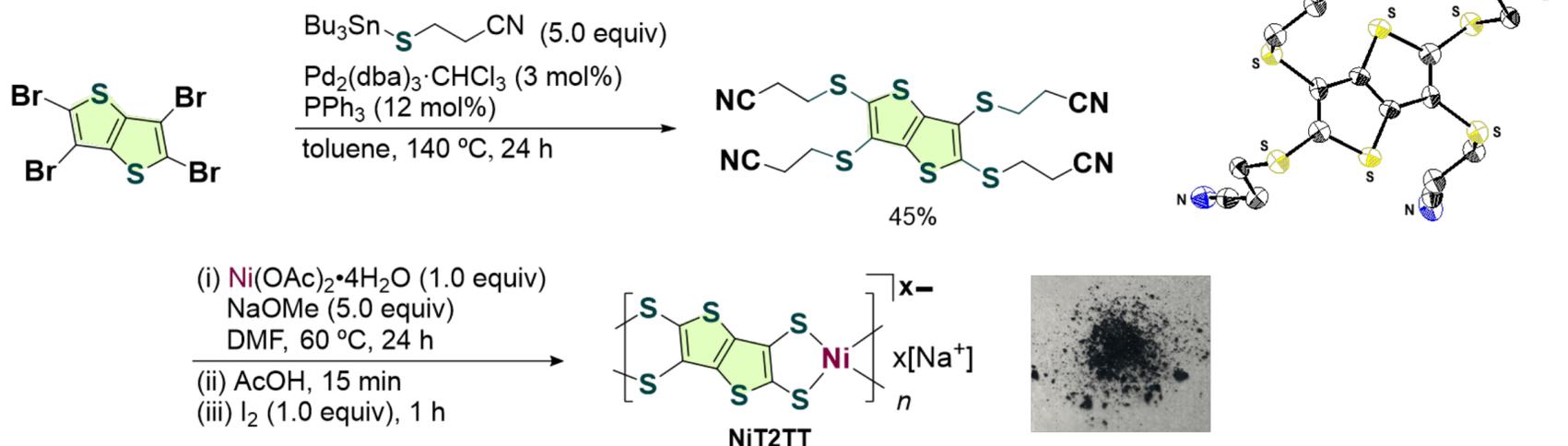
$S = 2,000 \text{ S/cm}$   
 $PF = 90 \text{ } \mu\text{W/K}^2\text{m}$

F. Huang<sup>1</sup>, et al., *Nature* 2022, 611, 271.

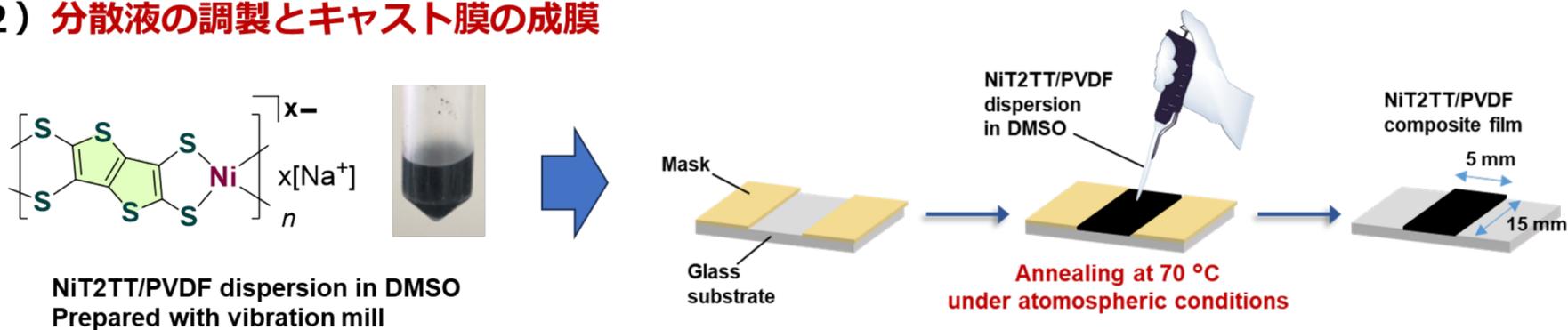
# 空気に安定な n 型熱電材料：π 共役ニッケル錯体



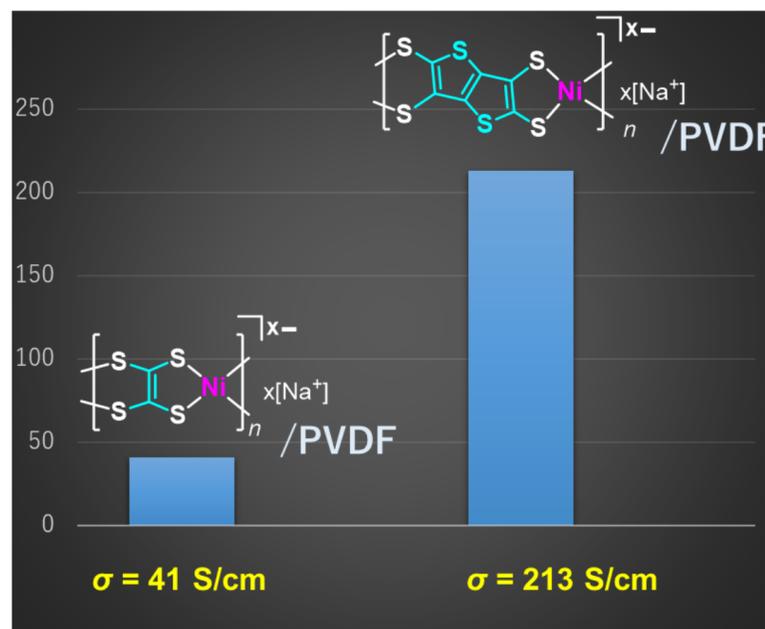
## 1) チエノチオフェンを含有する有機金属材料の合成ルート



## 2) 分散液の調製とキャスト膜の成膜

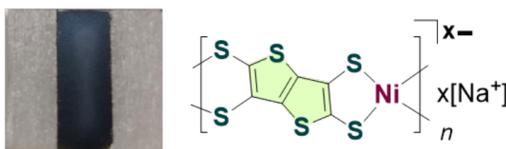


## 高導電性 n 型塗布膜：チエノチオフェン骨格の導入



$$PF = S^2\sigma$$

S : Seebeck coefficient  
 σ : Electrical conductivity

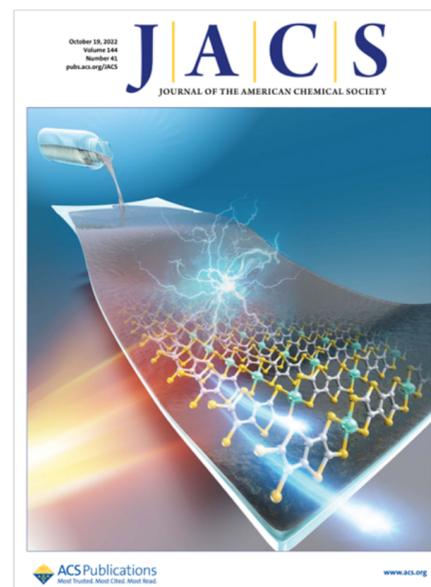


$$S = -16 \mu\text{V/K (n-Type)}$$

$$\sigma = 213 \text{ S/cm}$$

$$PF = 5.2 \mu\text{W/mK}^2$$

Measured with ZEM-3L



K. Ueda, R. Fukuzaki, T. Ito, N. Toyama, M. Muraoka, T. Terao, K. Manabe, T. Hirai, C.-J. Wu, S.-C. Chuang, S. Kawano, M. Murata, *J. Am. Chem. Soc.* 2022, 144, 18744.

(特願 2023-031508 「n 型半導体有機材料、導電性膜、及びそれらの製造方法」)

