



国立大学法人

東京農工大学

Tokyo University of Agriculture and Technology

新技術説明会  
New Technology Presentation Meetings!

# エネルギー変換システムの構築： 医療用-エレクトロニクスデバイス に利用可能な分子性ナノコイルの開発

大学院工学研究院

応用化学部門

講師 帯刀 陽子

本研究で得られた材料は、

「全て有機物からなる分子性ナノコイルであり、磁場印加  
下で電気エネルギーを生じる素子」

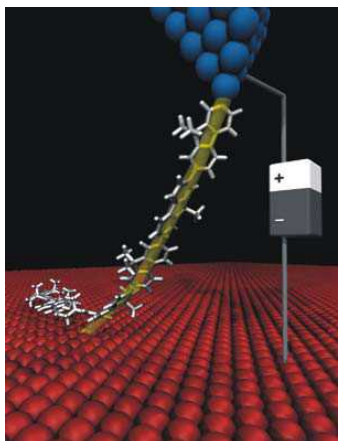
である。

この素子は配線を必要とせずに発電素子としてデバイスへ組み込むことが可能であることから、電源、電磁波シールド材、無線通信システムといった範囲に渡り応用可能となる。

# イントロダクション：1次元組織体

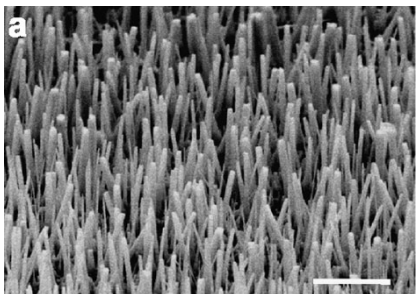
## ナノワイヤ

Single polymer



L. Lafferentz, F. Ample, H. Yu, S. Hecht, C. Joachim, and L. Grill, *Science* **323**, 1193 (2009)

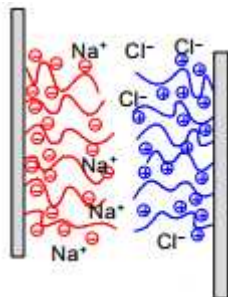
Polymer brush structures



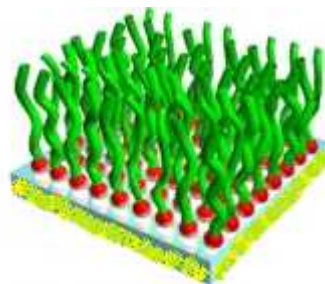
S. Xu, B. J. Hansen, Zhong L. Wang, *Nature Communications*, **1**, 93 (2010)

## 接着剤の開発

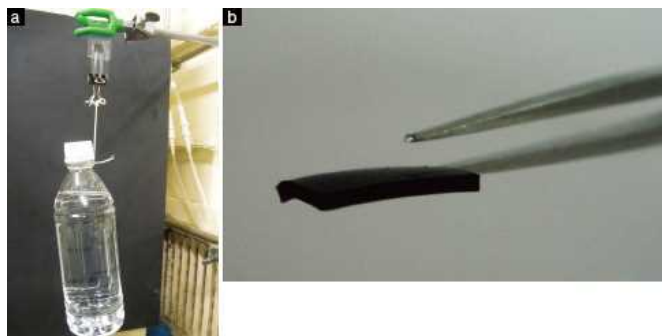
膜-膜の接着



表面改質剤



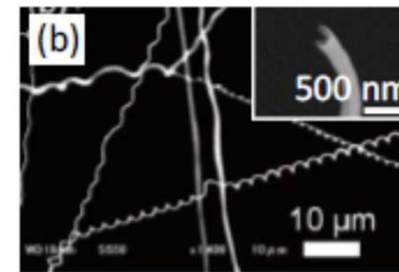
接着テープ



<https://tech.nikkeibp.co.jp/dm/article/HONSHI/20120423/214531/?ST=health>

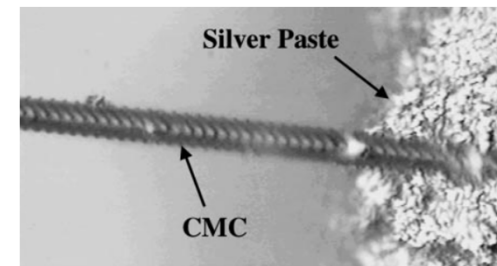
## ナノコイル

Pt nanocoils



ZHAO, X., SHITAMURA, Y., & MURAOKA, M. *Mechanical Engineering Journal*, **4**(5), 16-00698-16-00698.

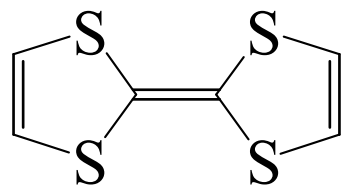
Carbon microcoils



Y. Kato, N. Adachi, T. Okuyama, T. Yoshida, S. Motojima and T. Tsuda, *Jpn. J. Appl. Phys.* **42** (2003) 5035-5037

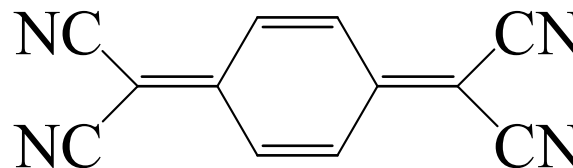
有機物からなるナノコイルは  
応用例がない

# イントロダクション：電荷移動錯体 1

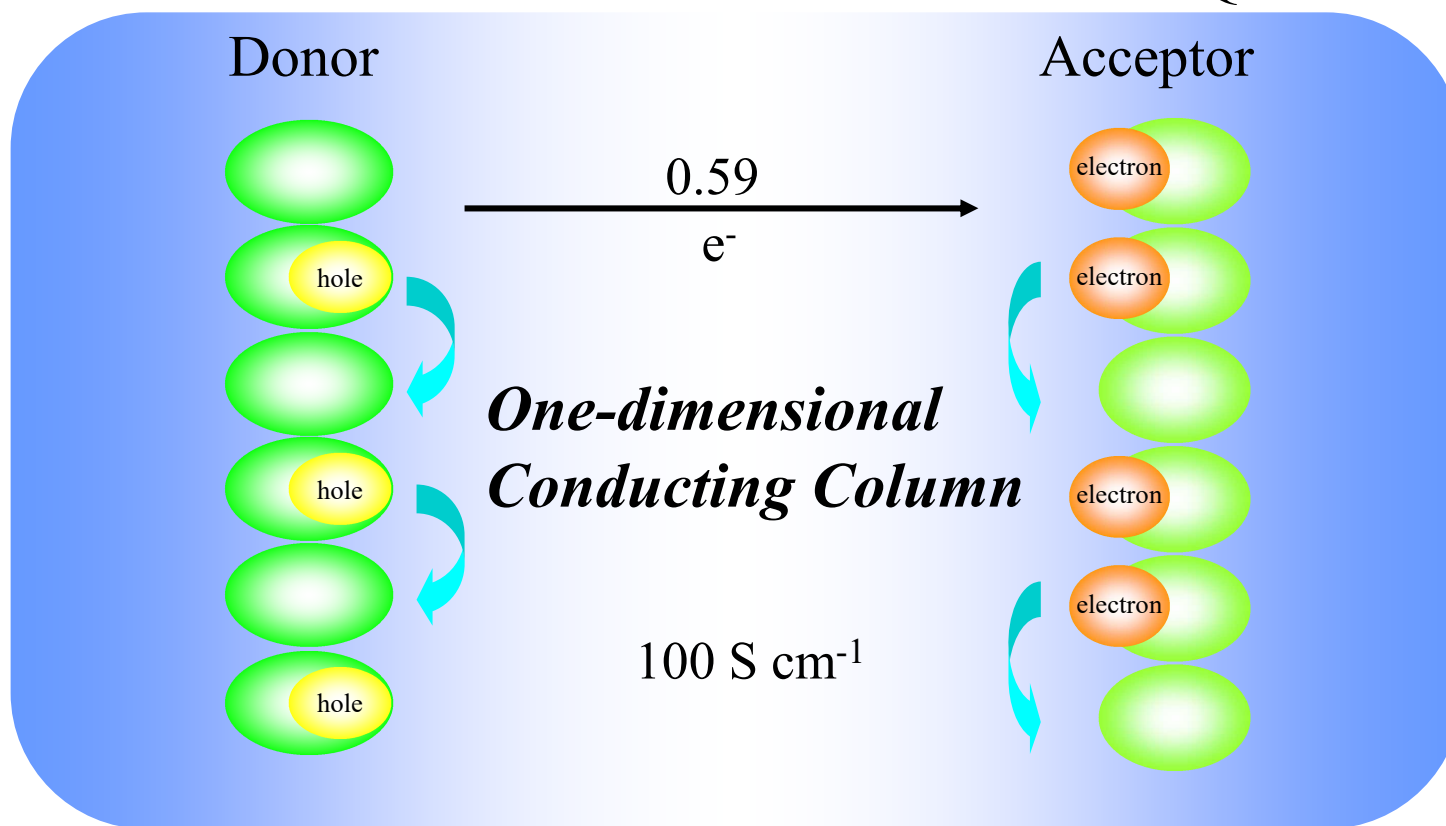


Tetrathiafulvalene  
(TTF)

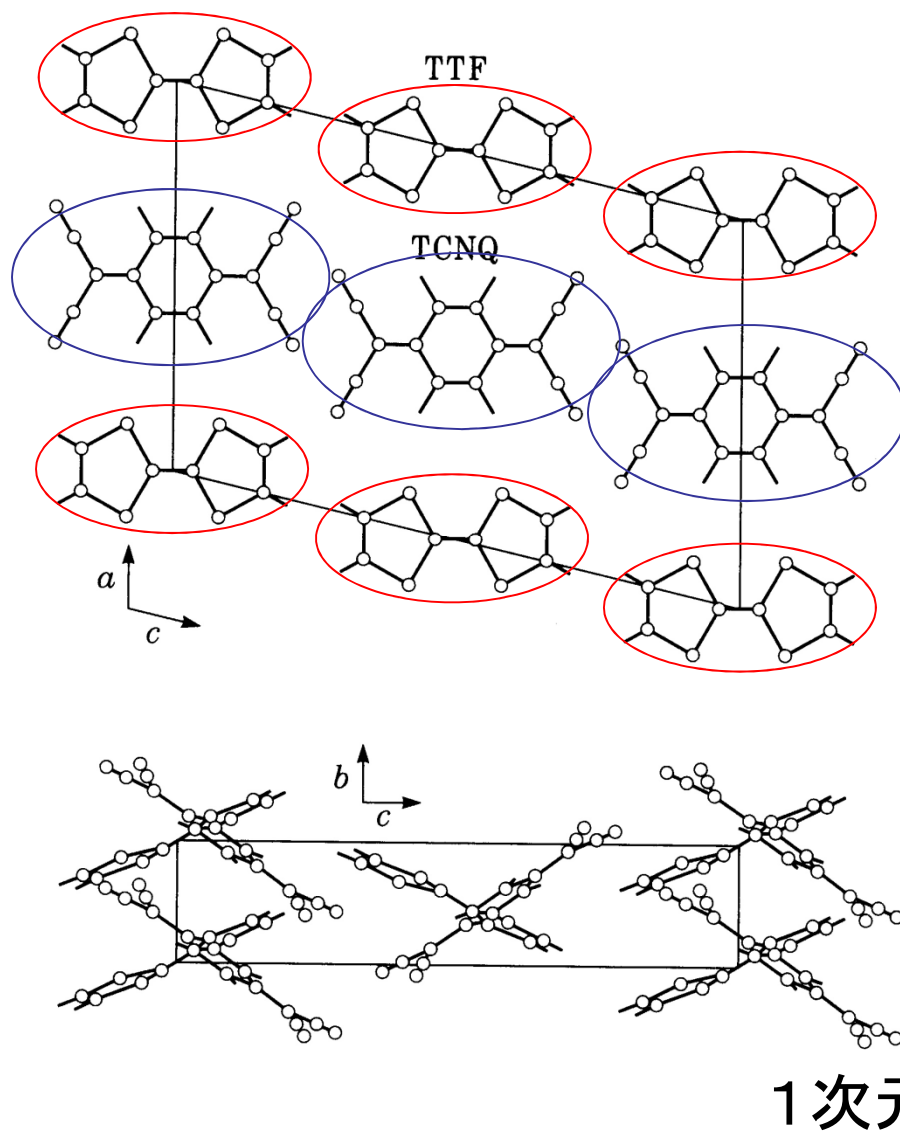
+



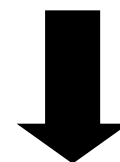
Tetracyanoquinodimethane  
(TCNQ)



# イントロダクション：電荷移動錯体2

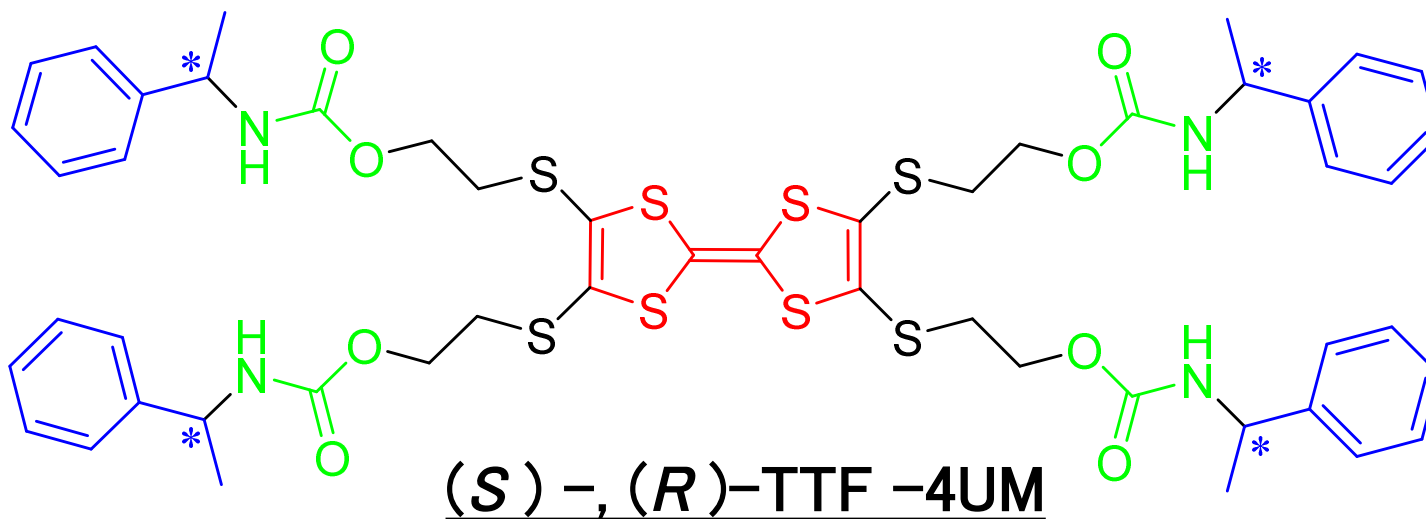


- 1) **TTF**及び**TCNQ**分子は、  
均一な分離積層型構造。
- 2) 1次元的な分子間相互作用  
積層方向は強い  
横方向は弱い

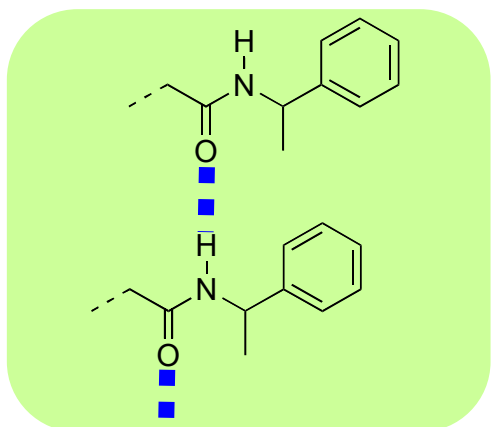


1次元的な構造

1次元伝導鎖



## アミド部位



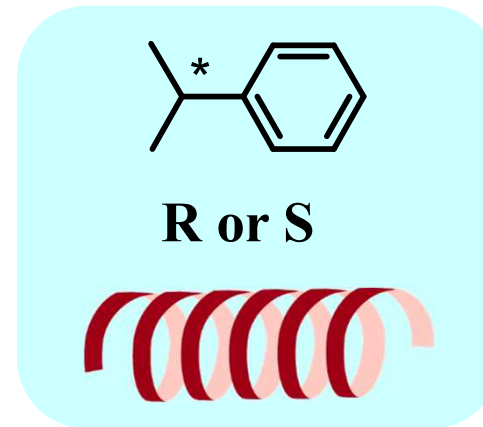
水素結合により  
1次元カラム構造を固定化

## ドナー部位



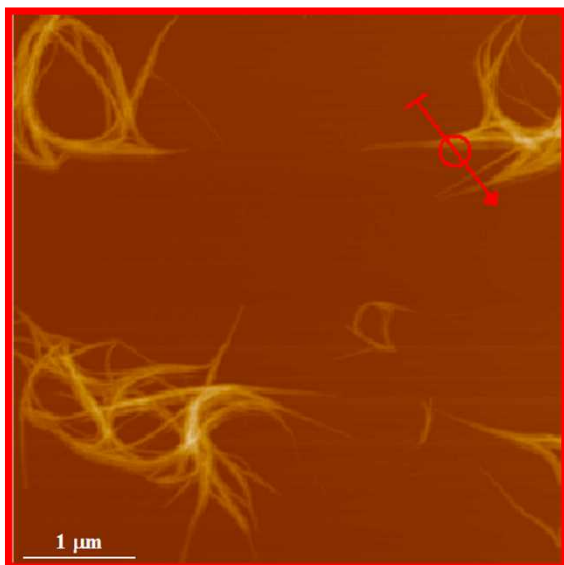
アクセプタ分子の混合により  
電荷移動錯体を作成

## キラル部位



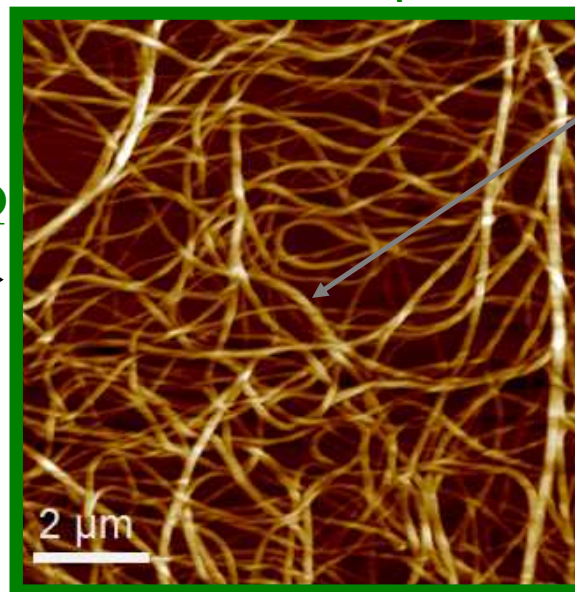
# 分子性ナノコイルの構造と電気伝導度

TTF derivative



TTF derivative - F<sub>4</sub>TCNQ complex

+ F<sub>4</sub>TCNQ



ナノコイル

ナノコイルのサイズ

高さ : 20 nm

幅 : 100 nm

ピッチ : 30 nm

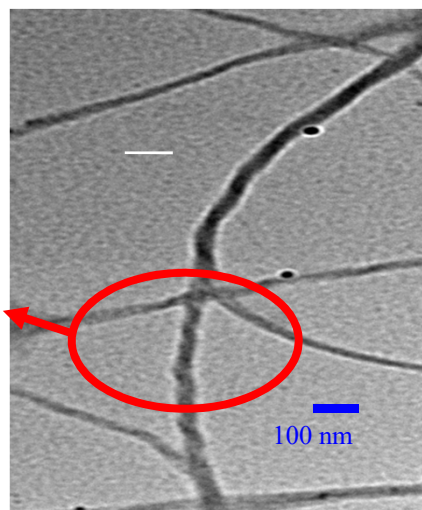
長さ : > 75 μm

巻き数 : 2000 巻

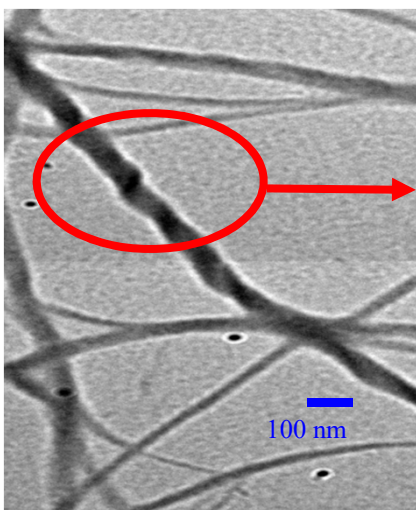
S- TTF 誘導体



Left-



R- TTF 誘導体

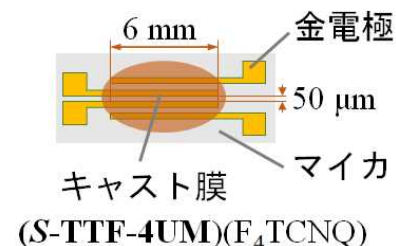


Right-

バルク状態での伝導度

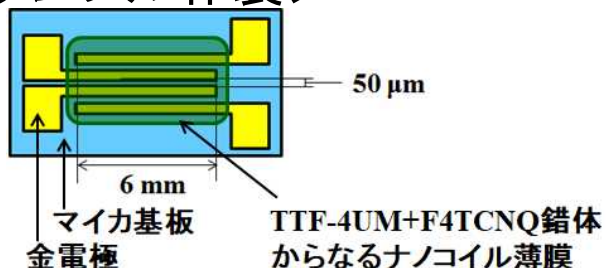
$$\rho = 10^6 \Omega$$

$$\sigma_{RT} = 1.1 \times 10^{-3} \text{ S cm}^{-1}$$



# 起電力測定 ➤ (S)-TTF-4UM + F4TCNQ ナノコイル1

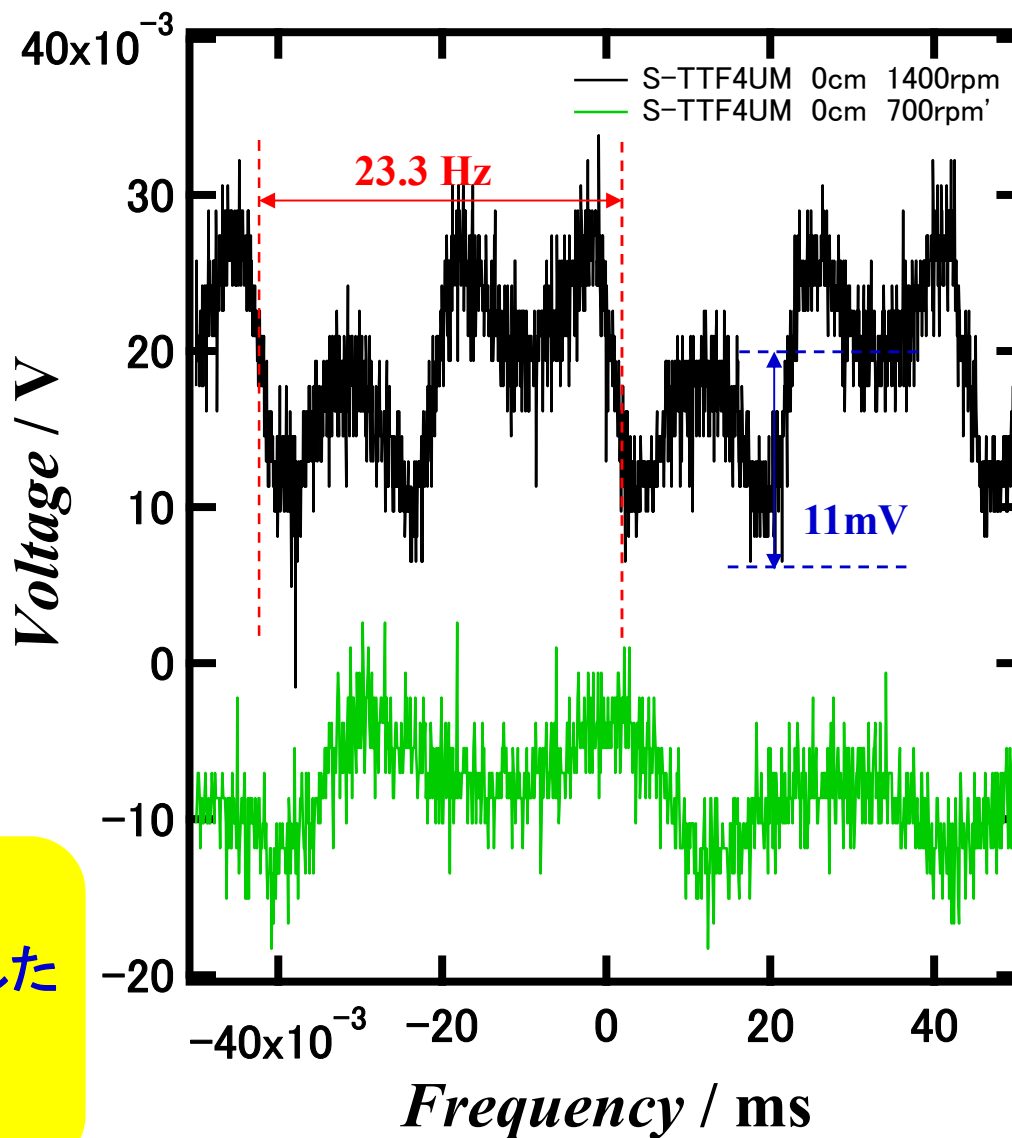
## ＜サンプル作製＞



● 磁石: 0.42 T  
 交流磁場(周波数): 21 Hz  
 誘導起電力: 13.5 mV  
 誘導起電力の周波数: 21 Hz

● 磁石: 0.42 T  
 交流磁場(周波数): 11.7Hz  
 コイルからの誘導起電力: 10.5mV  
 誘導起電力の周波数: 11.9Hz

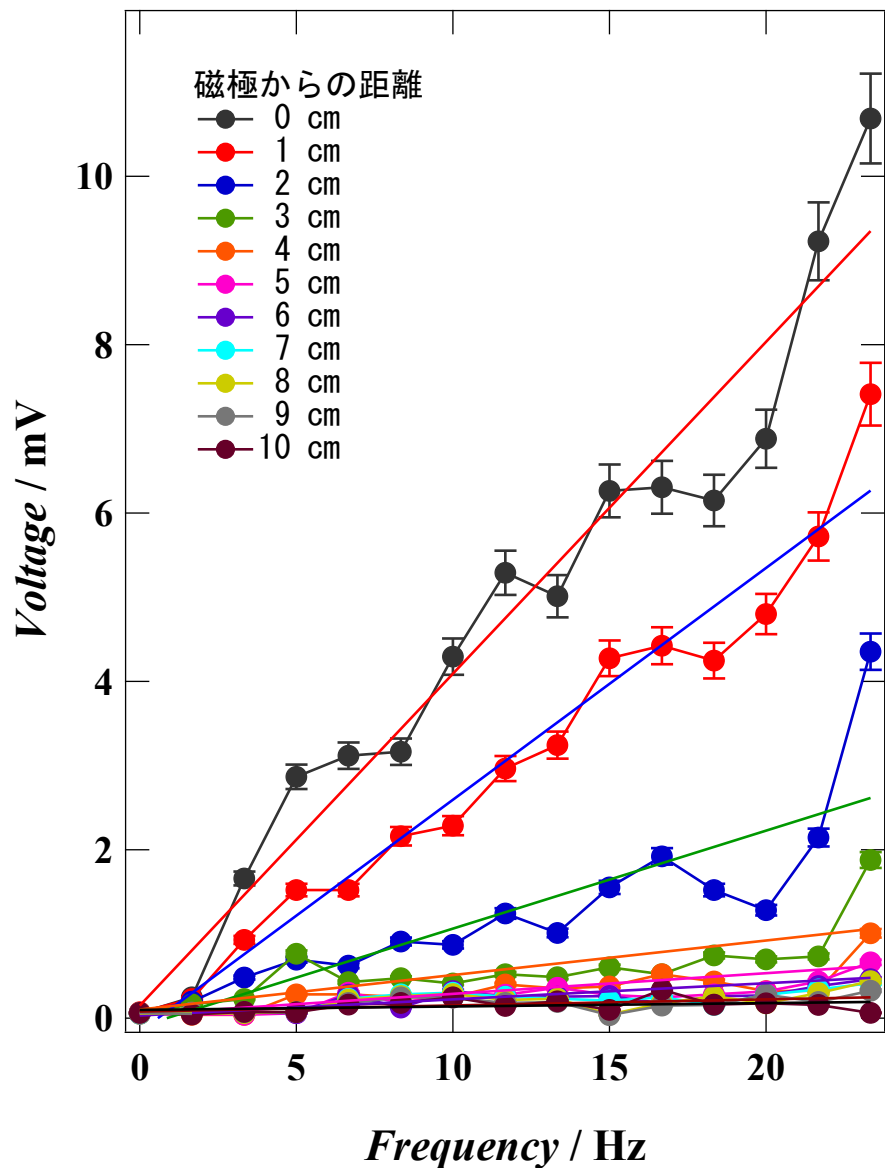
磁力、交流磁場の大きさに依存した  
 誘導起電力が得られた



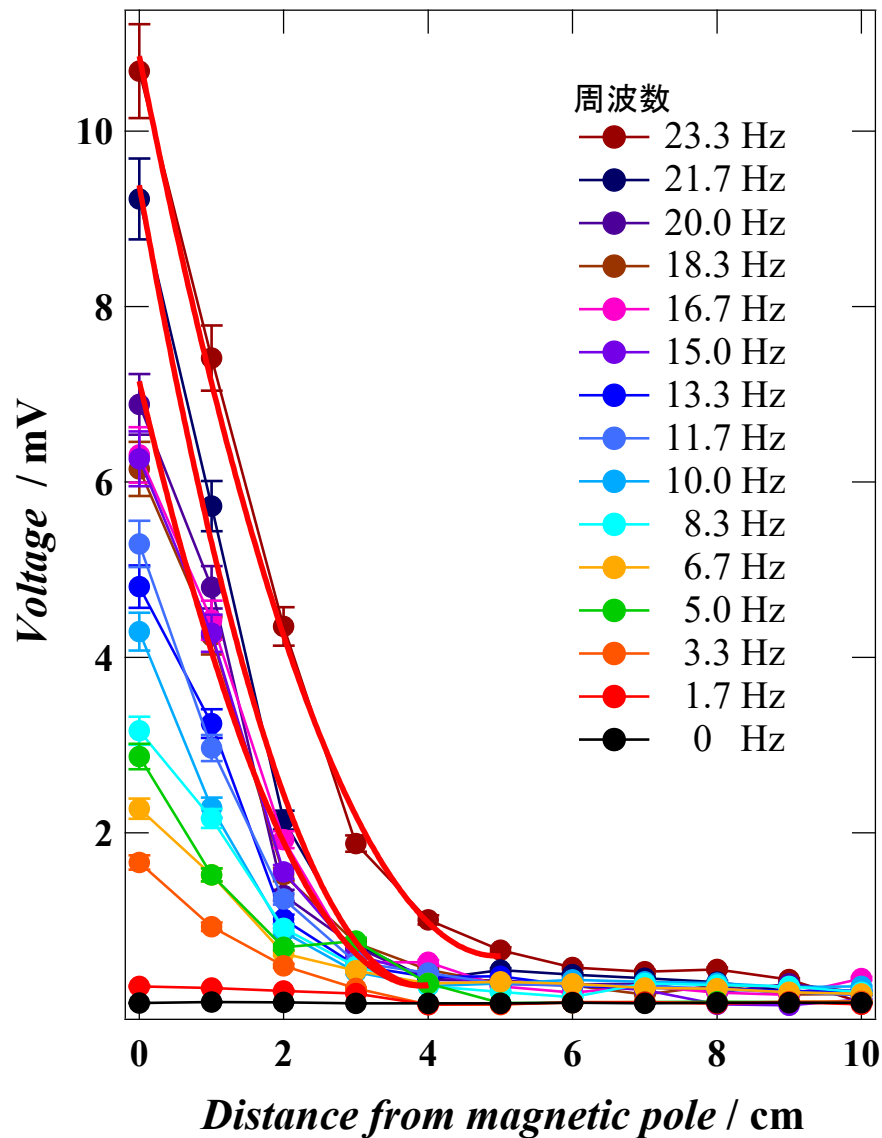


# 起電力測定 ➤ (S)-TTF-4UM + F4TCNQ ナノコイル2

## 周波数-起電力

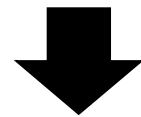


## 磁場-起電力



# 従来技術とその問題点

既に、電源や電磁波吸収材として実用化されているものには、無機物からなるコイル等があるが、高コストという問題点がある。



本材料は全て有機物から形成されていることから、低コスト化達成することができる。

- 従来技術の問題点であった、有機物からなるコイルは発電しないという問題点（電力を取り出すことが困難）をクリアすることに成功した。
- 有機物コイルが10mV程度の起電力を生じ、電力を取り出すことが可能となった。
- 本技術の適用により、これまでの無機物からなるコイルを有機物で代用できることから、生産コストが削減されることが期待される。

# 想定される用途

- 配線を必要としない電源として利用することが可能であり、ポータブル性を有するシステムには有用である。
- 上記以外にも、電磁波を吸収することからシールド材やアンテナとしての利用も期待される。
- また、達成された電圧・電流値に着目すると、エレクトロニクス分野や微弱電流を必要とするメディカルデバイス等に展開することも可能と思われる。

# 実用化に向けた課題

- 現在、発電システムについて10mV程度の発電が可能であるところまで開発済み。しかし、それ以上の電圧を発生させるための改良については未解決（未着手）である。
- 今後、電磁波吸収特性について実験データを取得し、シールド材やアンテナに適用していく場合の詳細な条件設定を行っていく。
- 実用化に向けて、試料の耐久性を向上できるような技術を確立する必要もあり（例えば、ポリマーへの分散など）。

- 本発電システムをエレクトロニクスデバイスへ応用できる技術を持つ、企業との共同研究を希望。  
(配線を必要としない電源を利用するシステム等)
- また、電磁波シールド材やアンテナとしても利用可能であることから、このような材料を利用する製品を開発している企業には、本技術の導入が有効と思われる。
- 応用前の研究を一緒に行っていたただける企業との共同研究も希望しております。

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 電磁材料
- 出願番号 : 出願済み 未公開
- 出願人 : 国立大学法人東京農工大学  
国立大学法人広島大学
- 発明者 : 帯刀陽子、西原禎文

## 東京農工大学 先端産学連携研究推進センター

T E L 042-388-7550

F A X 042-388-7553

e-mail [suishin@ml.tuat.ac.jp](mailto:suishin@ml.tuat.ac.jp)



MORE  
SENSE

Tokyo University of  
Agriculture and Technology

