

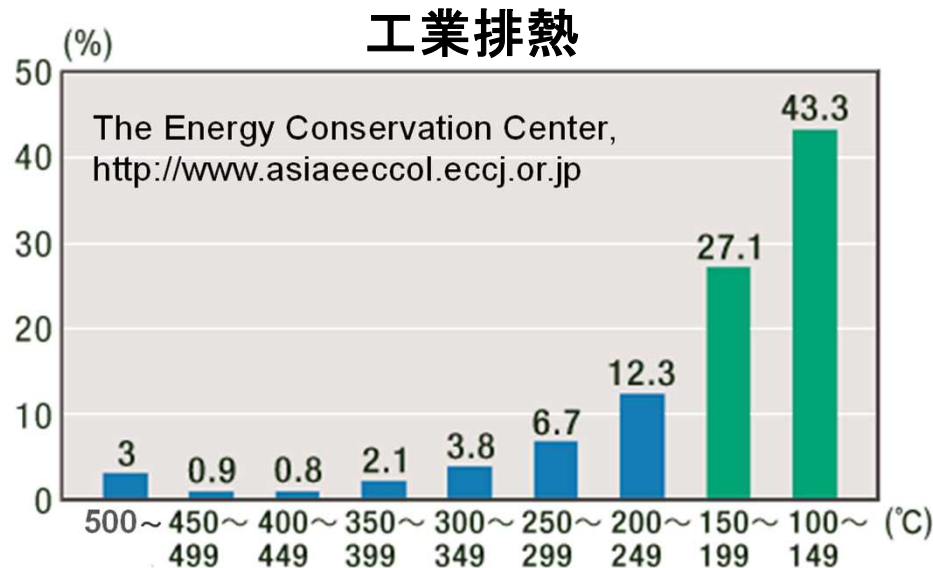
# 熱だけで充電する電池

産業技術総合研究所  
ナノ材料研究部門  
ナノ薄膜デバイスグループ  
主任研究員 向田 雅一

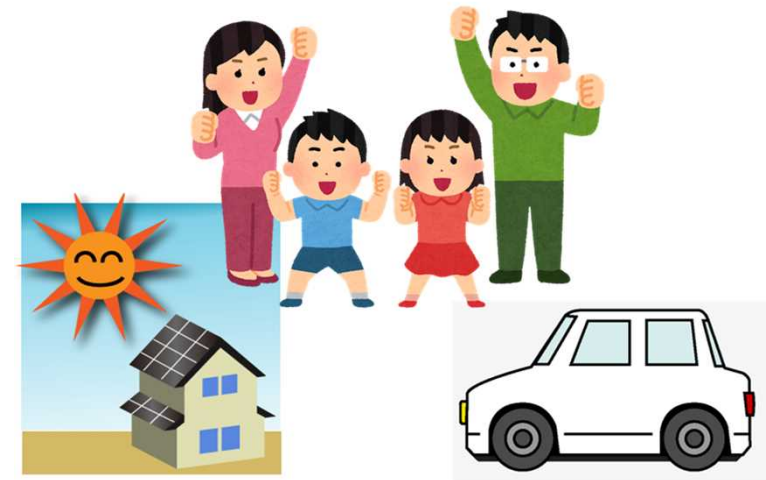
2019年7月2日

# 背景

身の回り(環境)にはたくさんの低温排熱がある



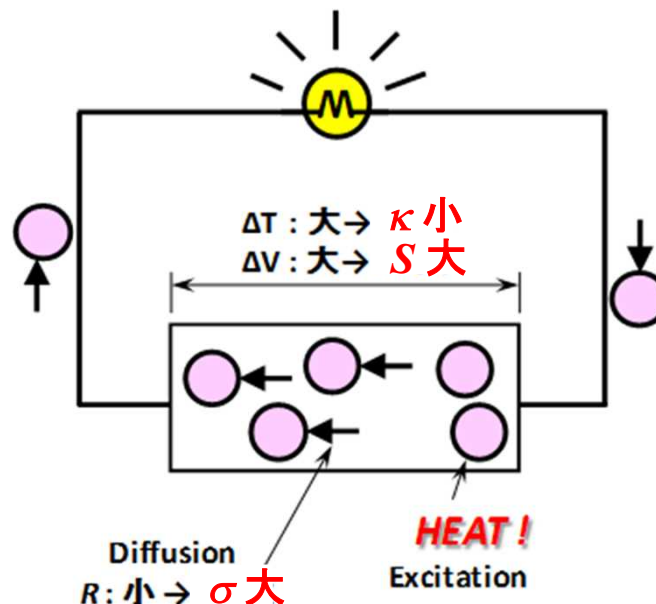
人・家・車も熱源



- エネルギーハーベスティングの重要性が認識されている
  - IoT では個々の電源(特にセンサー電源)が必要
- ↓
- 機器の進歩により必要電力が小さくなってきている
- ↓
- 低温排熱を電気エネルギーにできれば有効な手段

# 熱を電気に変換する方法(例)

## ・直接変換 熱電変換



### 無機材料

セラミックスや合金  
製造コスト&エネルギーが大きい  
稀少元素使用が多い  
高温で使える

### 低温排熱利用なら有機材料

高分子  
製造コスト&エネルギーが小さい  
安全多量の元素  
200°C以下での使用  
現状では得られる電圧が低い

## ・間接変換 運動エネルギーを介する(媒体を使う)...タービン等

タービン等は電力用でサイズのIoT 向きではない

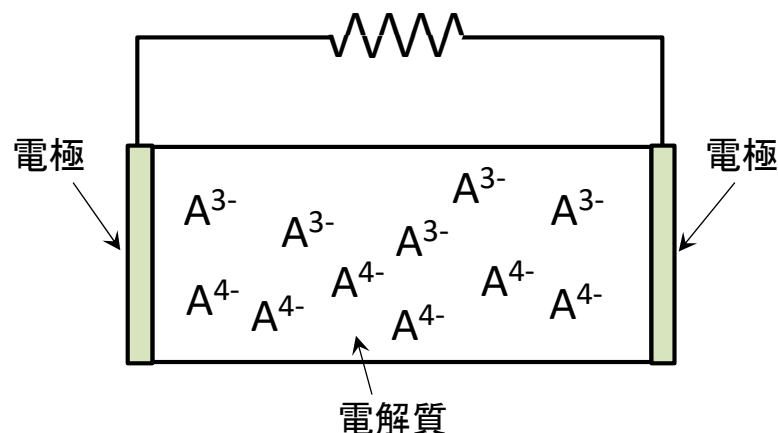
化学反応を介する...

熱化学電池

★ 本日紹介する技術

# 熱化学電池とは(連続発電タイプ)

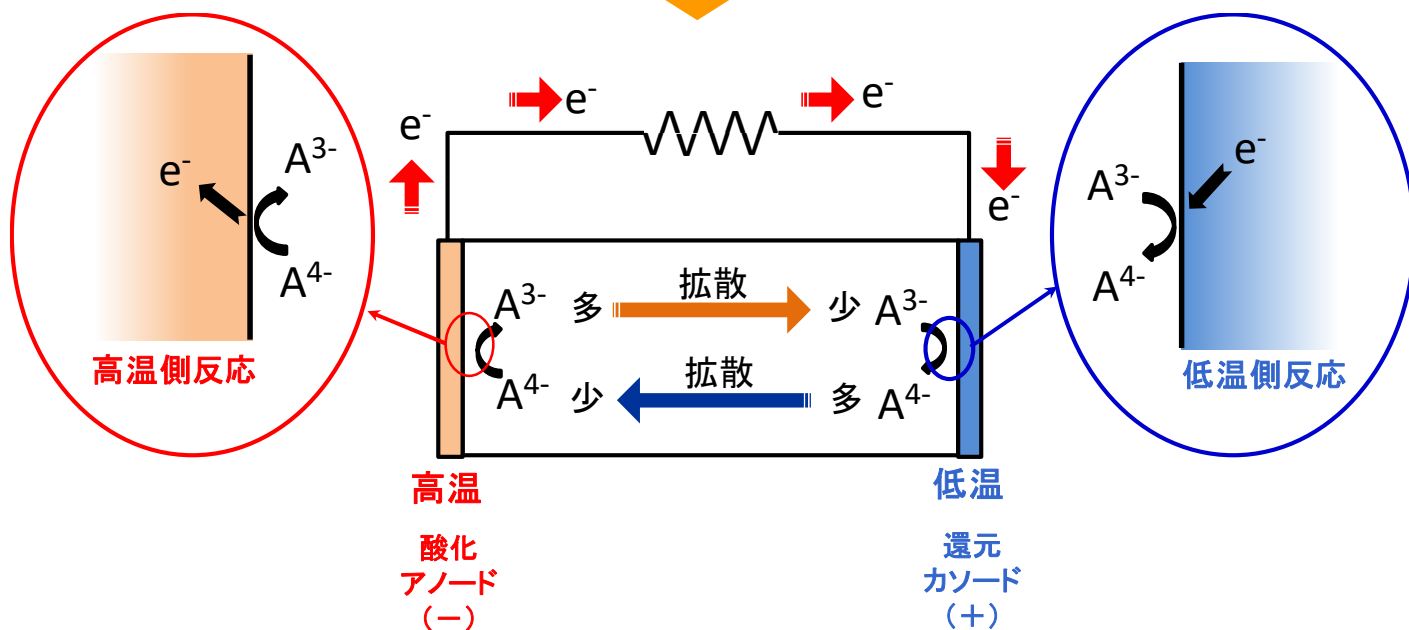
## 熱による酸化還元反応を利用



基本構造: 電解質を電極で挟む  
電解質中にイオン

温度差

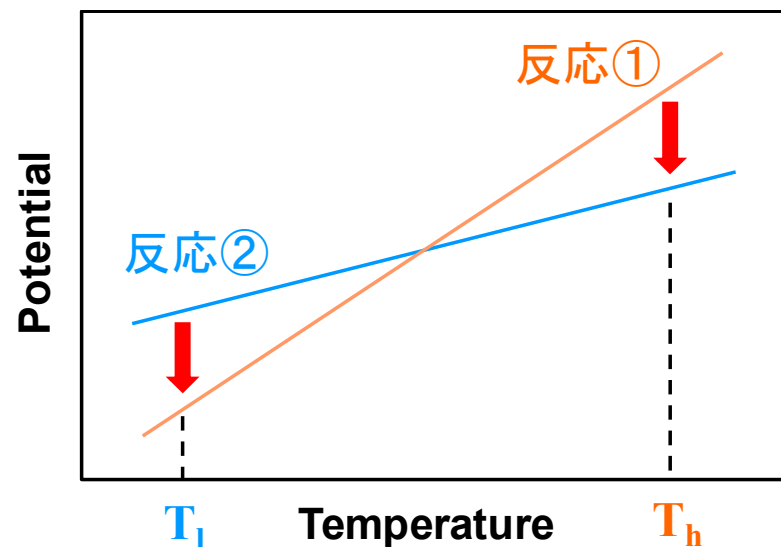
両端の温度に差があれば  
酸化還元反応の温度依存性により  
イオン濃度に差が生じる



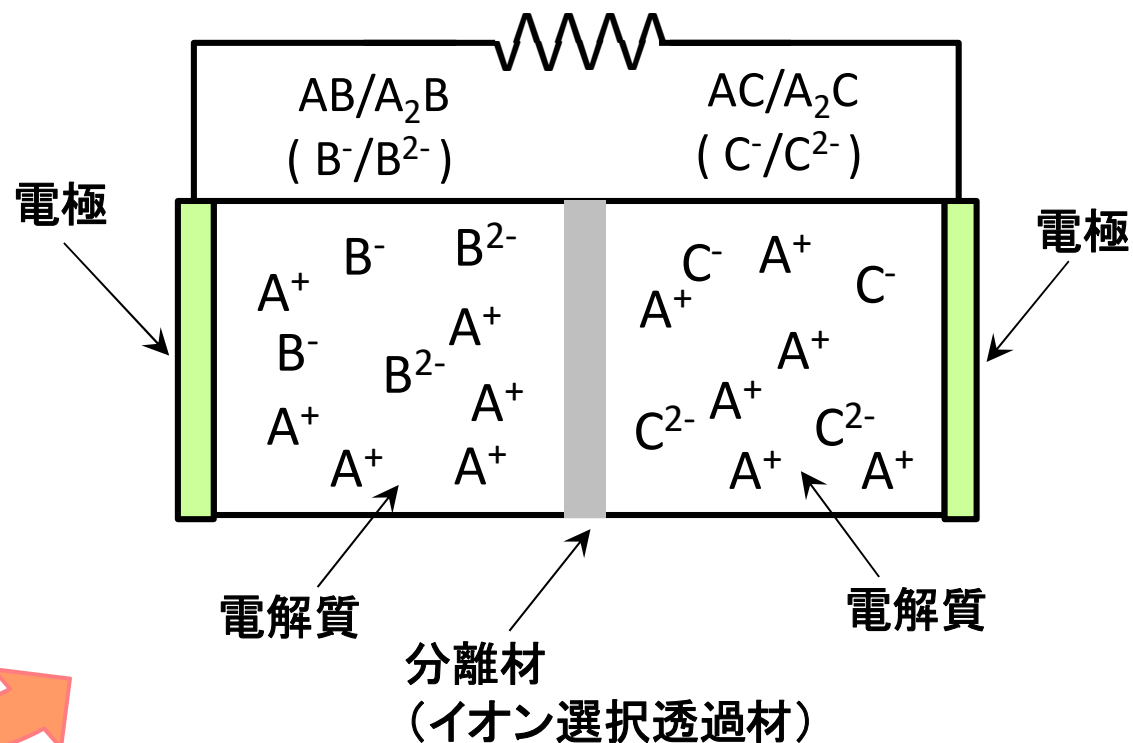
濃度差でイオンが拡散  
電力が得られる

- ★連続的(電池ではなく発電)
- ★比較的電力が大きい
- ★表面での反応が必要
- ★電極: 主に白金

# 熱化学電池とは(充電タイプ)

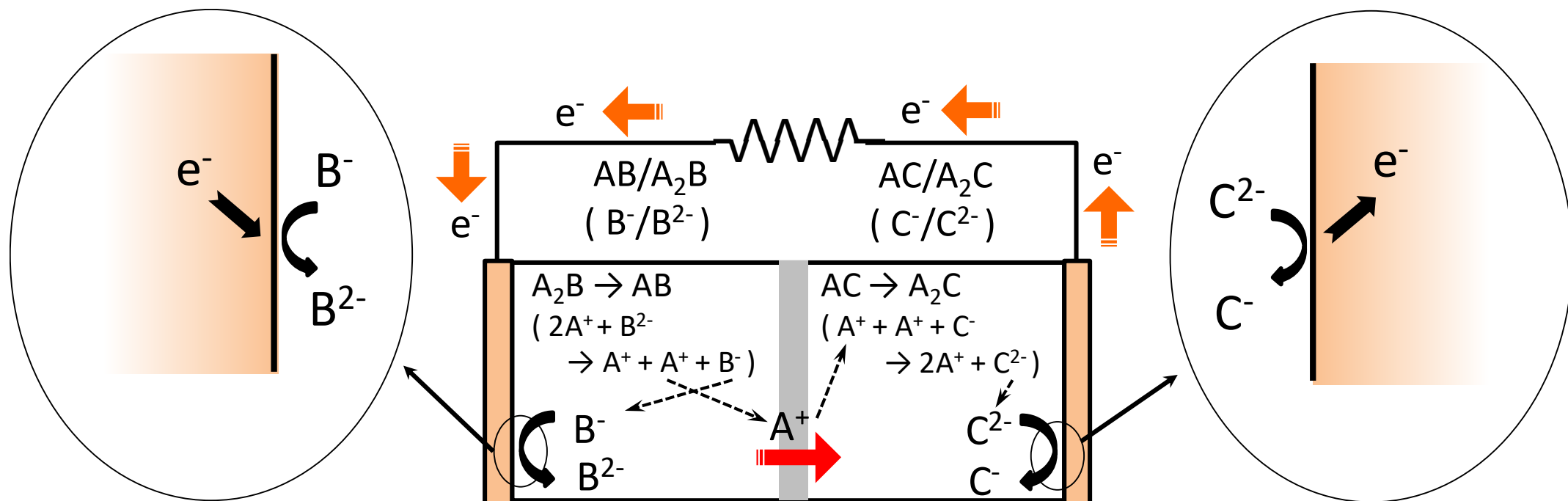


ポテンシャルの高い方から低い方に  
電流は流れる  
図のようにある温度でクロスしていることが必要



2つの反応にかかわるイオンの入ったセルを  
分離材でしきった構造(2セルタイプ)

# 熱化学電池とは(充電タイプ)



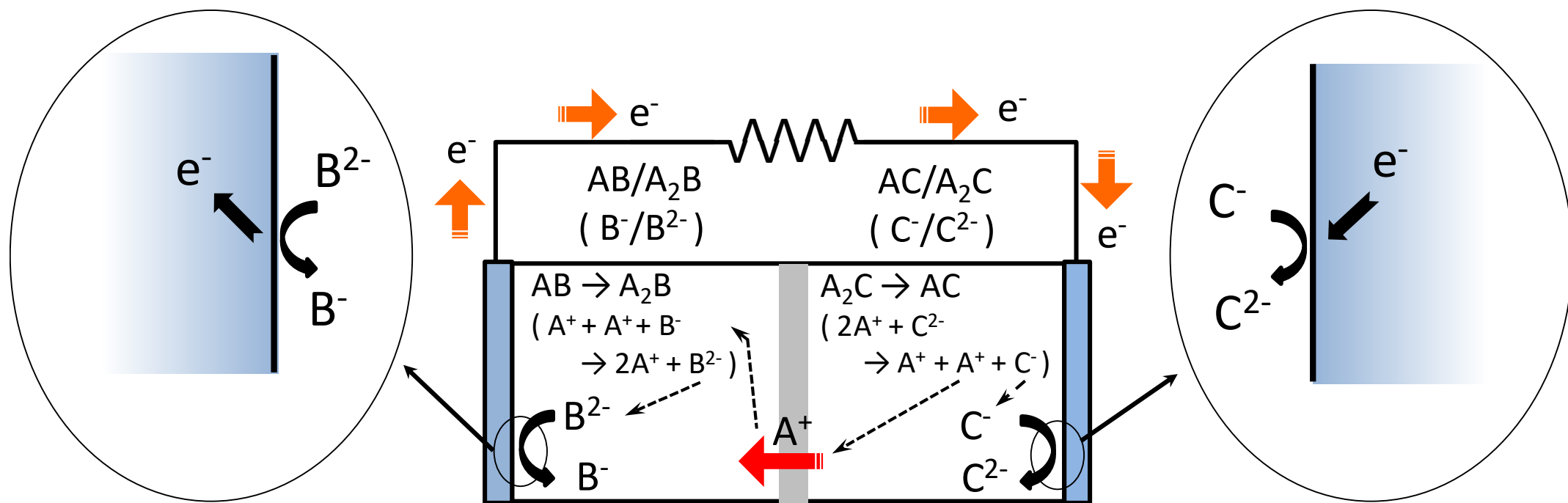
高温での状態

## 高温( $T_h$ )状態

全体を高温に保持すると左右のセルでそれぞれ反応が起こりイオンが移動し起電力発生  
分離材(イオン透過材)中は選択イオン(図中は $A^+$ )が移動  
イオン濃度が飽和して起電力停止(充電に対応する)

電解質中では、左で  $A_2B \rightarrow AB$ 、右で  $AC \rightarrow A_2C$   
電極表面反応は、左が  $B^- + e^- \rightarrow B^{2-}$ 、右で  $C^{2-} \rightarrow C^- + e^-$

# 熱化学電池とは(充電タイプ)



低温での状態

## 低温( $T_l$ )状態

全体を低温に保持すると左右のセルの反応は逆転し逆起電力が発生する  
分離材(イオン透過材)中は選択イオン(図中は  $A^+$ )が逆移動  
イオン濃度が飽和して起電力停止(放電)

電解質中では、左で  $AB \rightarrow A_2B$ 、右で  $A_2C \rightarrow AC$   
電極表面反応は、左が  $B^{2-} \rightarrow B^- + e^-$ 、右で  $C^- + e^- \rightarrow C^{2-}$

# 熱化学電池の問題点

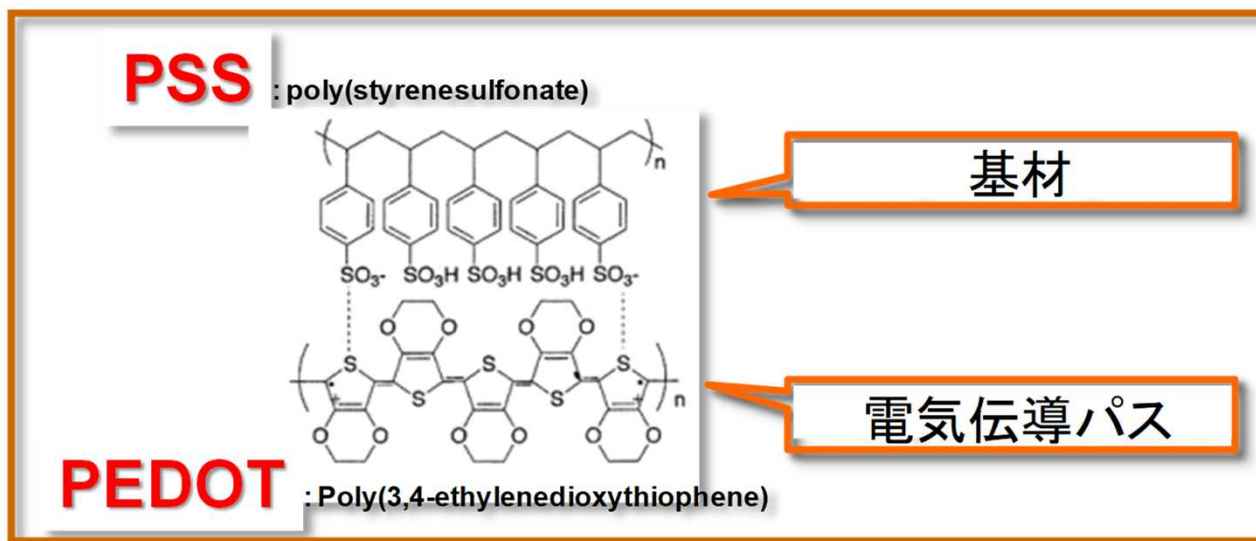
- ・IoT用として十分な電力を連続的に発電  
(配線が必要ない)
- ・あるいは充電して繰り返し使用できる  
(持ち運びや移動体への搭載)

電極に白金を使用するためコスト高い  
(表面反応必須: 触媒活性のある白金使用)

➡ 利用されない

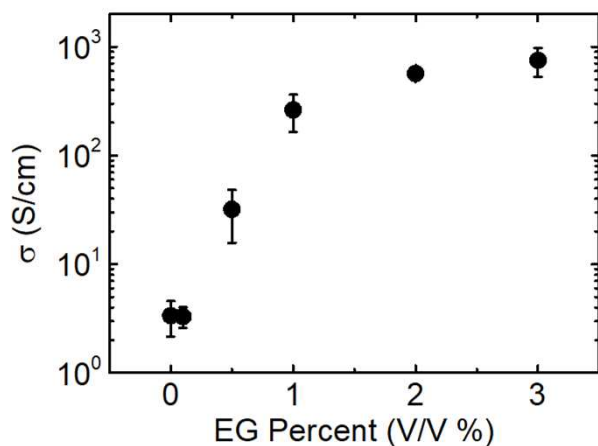


# 導電性高分子材料 PEDOT/PSS について



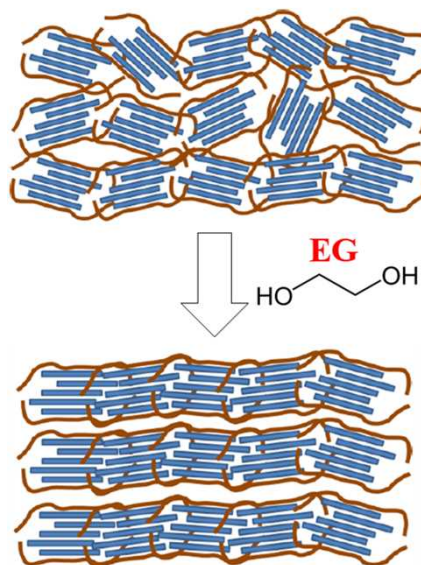
もともと導電性高分子として注目

- ・有機材料では電気伝導度大
- ・安定供給



EG で電気伝導度増大

XRD



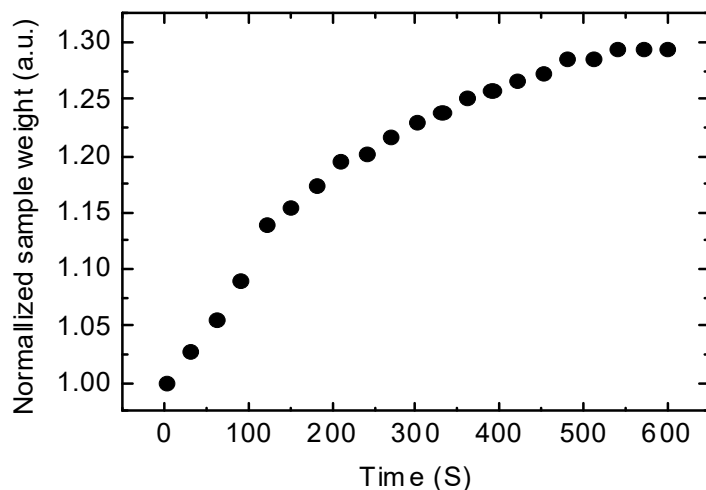
さらに...

- ・EG で構造規則性が増大
- ・キャリア移動度の増大で電気伝導度も増大

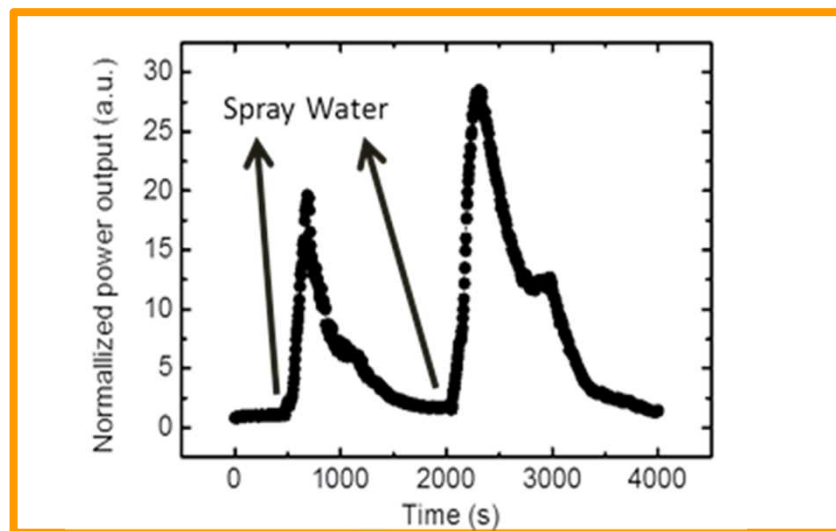
が明らかになった

## 水分影響

吸水性 重量が30%増加



水で熱起電力が急激に増大



反応による電力(= 電池が形成されている)ではないか？

⇒ 電気を流してかつ 反応性を有する

⇒ **白金代替**できるのではないか

# 新技術の特徴・従来技術との比較

## 今までの熱化学電池

白金使用がネックとなり利用されてこなかった  
白金代替材料があればコストが下がり普及する

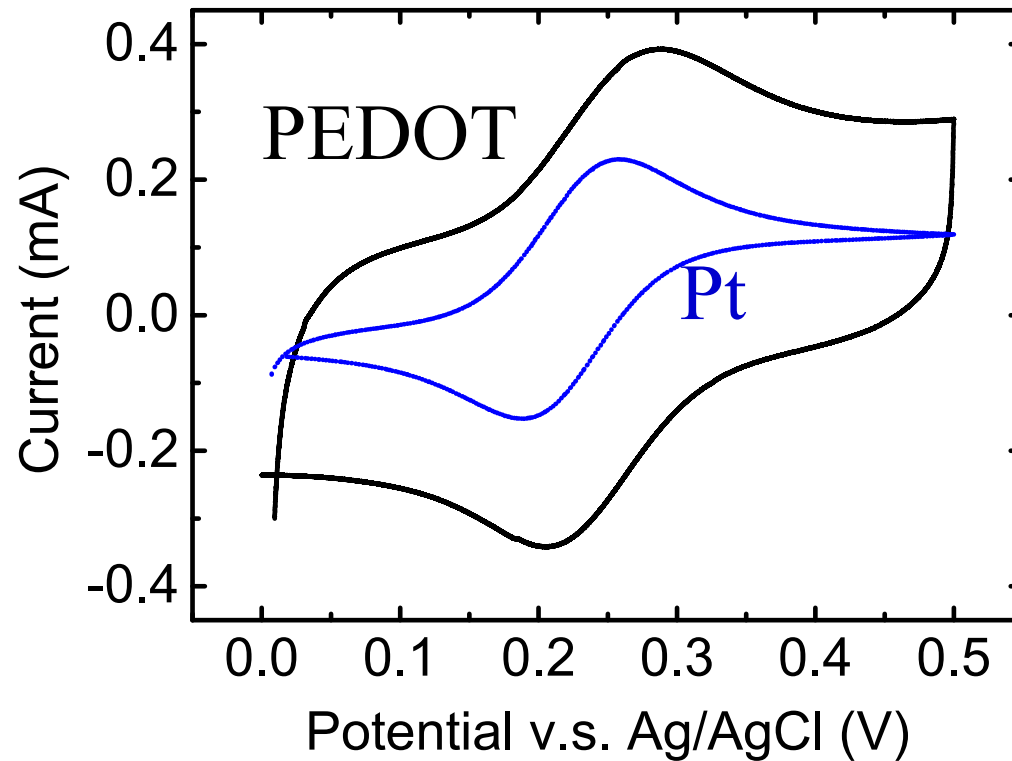
## PEDOT/PSS を用いた熱化学電池

- ・白金を使用しない
  - ・連続発電型：熱電変換より大きな電力
  - ・充電型：熱電変換にはない特徴
- (※)ただし熱電変換より大きく重い

# 技術の詳細

Ag/AgCl 参照電極でのCV測定

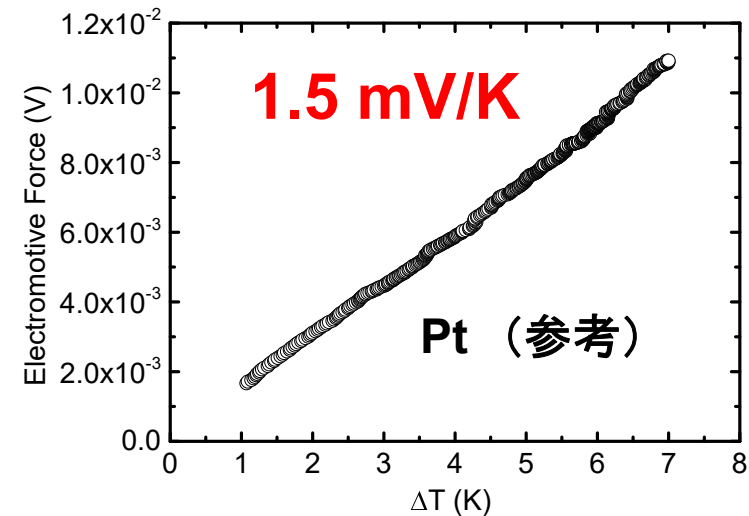
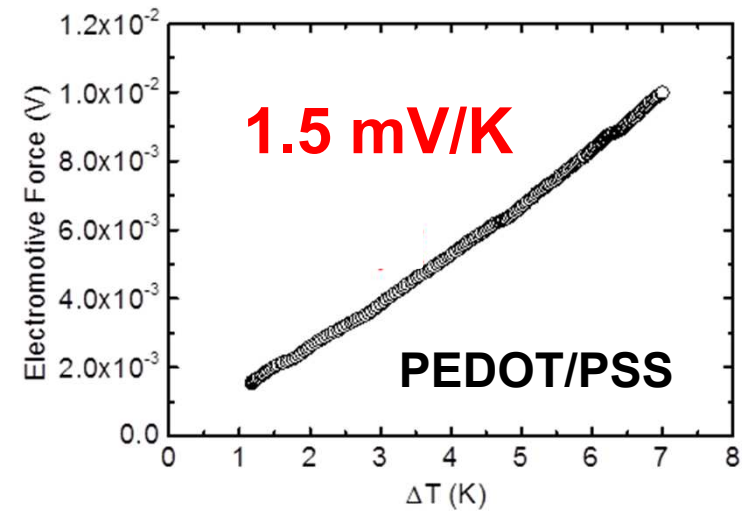
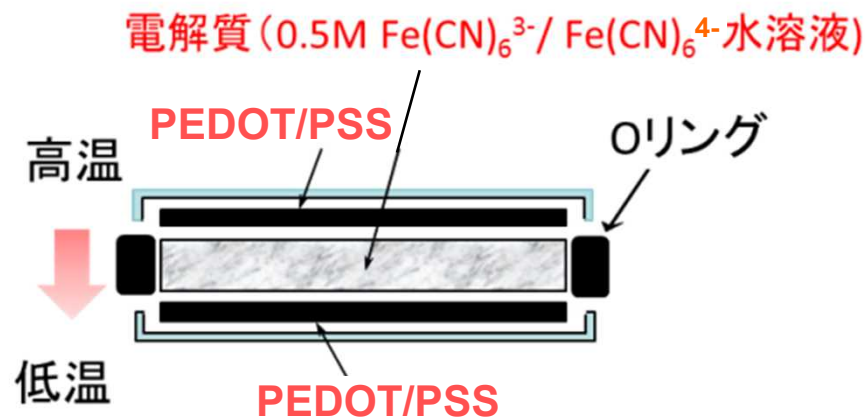
Pt と PEDOT/PSS は同等の能力があることがわかった



- $E_{pc}$  と  $E_{pa}$ ...電池反応性
- $I_{pc}$  と  $I_{pa}$ ...可逆性

# 技術の詳細

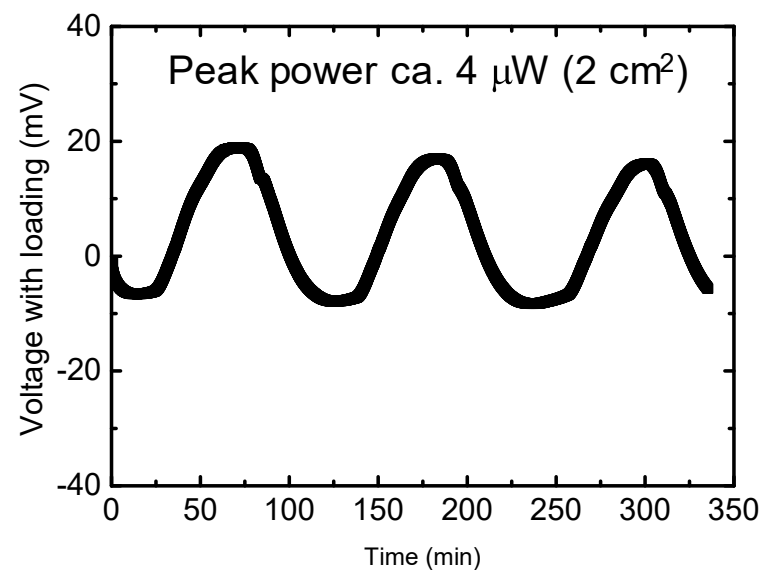
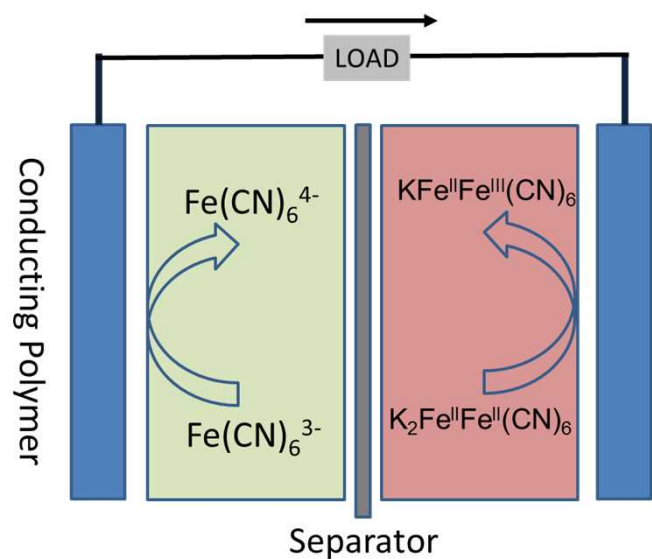
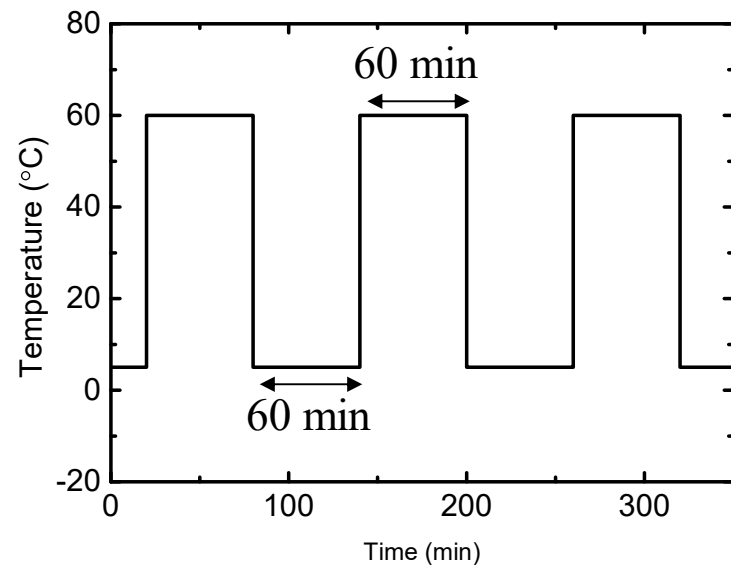
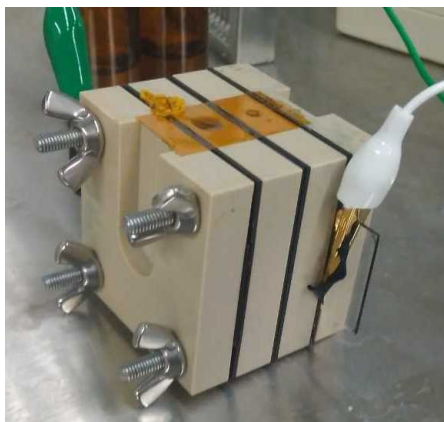
## 連続発電型ボタン電池



熱起電力測定結果: Pt電極と変わらないことが実証できた  
(出力は約  $10 \mu\text{W}$ ,  $\Delta T = 40 \text{ K}$ )

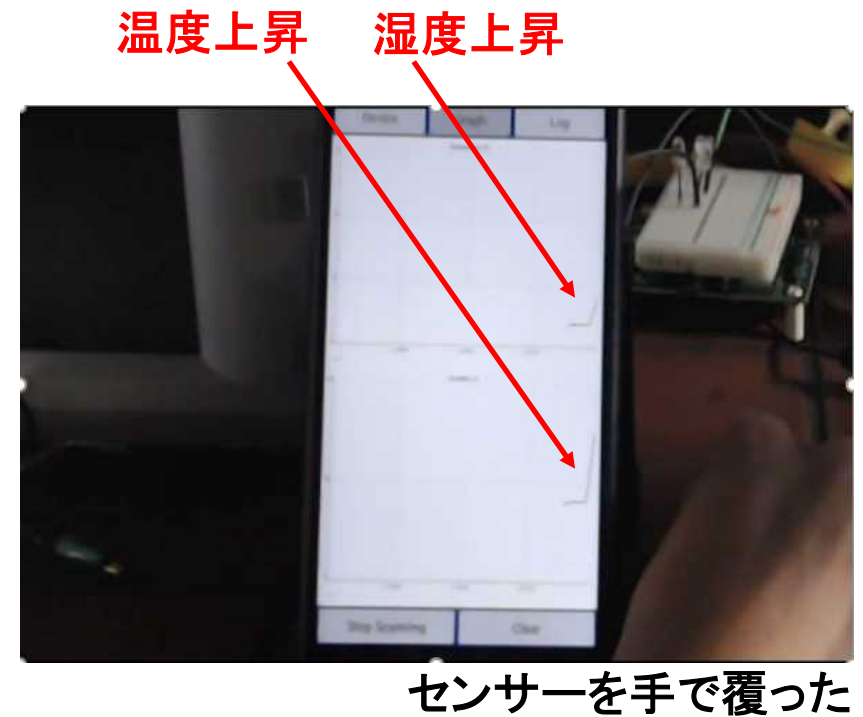
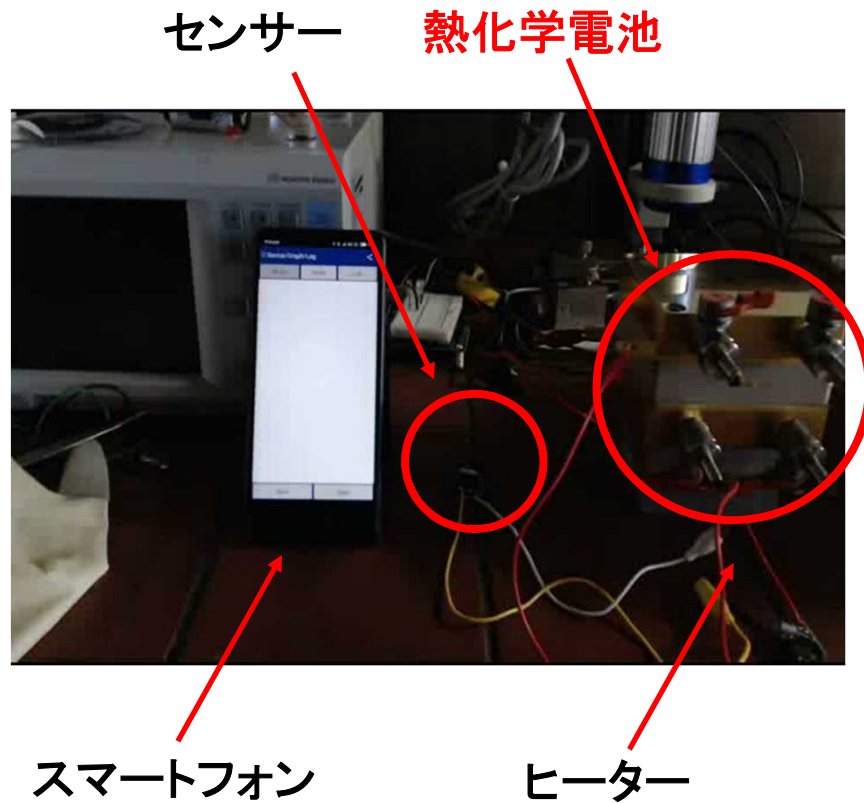
# 技術の詳細

## 2セル型電池(充放電型)



温度サイクルによって充放電を繰り返すことが実証できた

## Bruetooth 温度及び湿度センサーの電源として使用した実験



センサーを手で覆って温度と湿度が上昇した信号を  
Bruetooth でスマートフォンに送ることができた

# 想定される用途

- 排熱利用のセンサー電源
- 熱源のある場所で用いる IoT 用の電源

## 自動車用無線センサー電源

(特に電気自動車ではモーター付近は200℃程度と言われており有機材料が利用できる)

## 生物(人間を含む)用無線センサー電源

(位置情報信号、ヘルスチェック、埋め込み型機器)

## 工場での各種無線センサー電源

(スパークを生じる可能性のある電池を用いることのできない工場)

★ ケーブルレス システムが構築できることが特徴



# 実用化に向けた課題

電力的にはIoT用(センサー用)電源として実用化レベル

## ①セルデザイン:

温度差を保ちつつ小型化

## ②電解質及び反応物質の開発:

液体は漏れる

電気抵抗が小さく毒性がなく安価なもの

準固体電解質やゲル等

## ③フレキシビリティ:

ゲル等の開発

# 企業への期待

★セルデザイン(温度差を保ちつつ小型化)  
私たちでも設計開発可能

★産業界にお手伝いいただきたいこと

- ・電解質及び反応物質の開発
- ・フレキシビリティー展開

準固体電解質やゲル状**素材開発**(共同も)  
**化学製品(薬品)製造分野の企業**

★本技術導入が有効な企業  
～ IoT・センサー関連

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 熱化学電池
- 出願番号 : 特願2018-547573
- 出願人 : 産業技術総合研究所
- 発明者 : 向田雅一、衛慶碩、石田敬雄

# お問い合わせ先

産業技術総合研究所

イノベーション推進本部

ベンチャー開発・技術移転センター

技術移転マネージャー 今井 文一

TEL 029-862-6382

e-mail imai-fumikazu@aist.go.jp