



# IoTの電力を担う エネルギーハーベスティングの 可能性と課題

2018年7月6日

IoT技術高度化委員会

エネルギーハーベスティングWG

ユークエスト株式会社 富岡 理





- エネルギーハーベスティング技術概要
  - 光発電
  - 力学的発電
  - 熱発電
- JASAでエネルギーハーベスティングをやる意味
- 昨年度の活動内容と今年度の予定



# エネルギーハーベスティング 技術概要

# エネルギーハーベスティングとは



- 周りの環境から未利用のエネルギーを収穫（ハーベスト）して電力に変換する技術



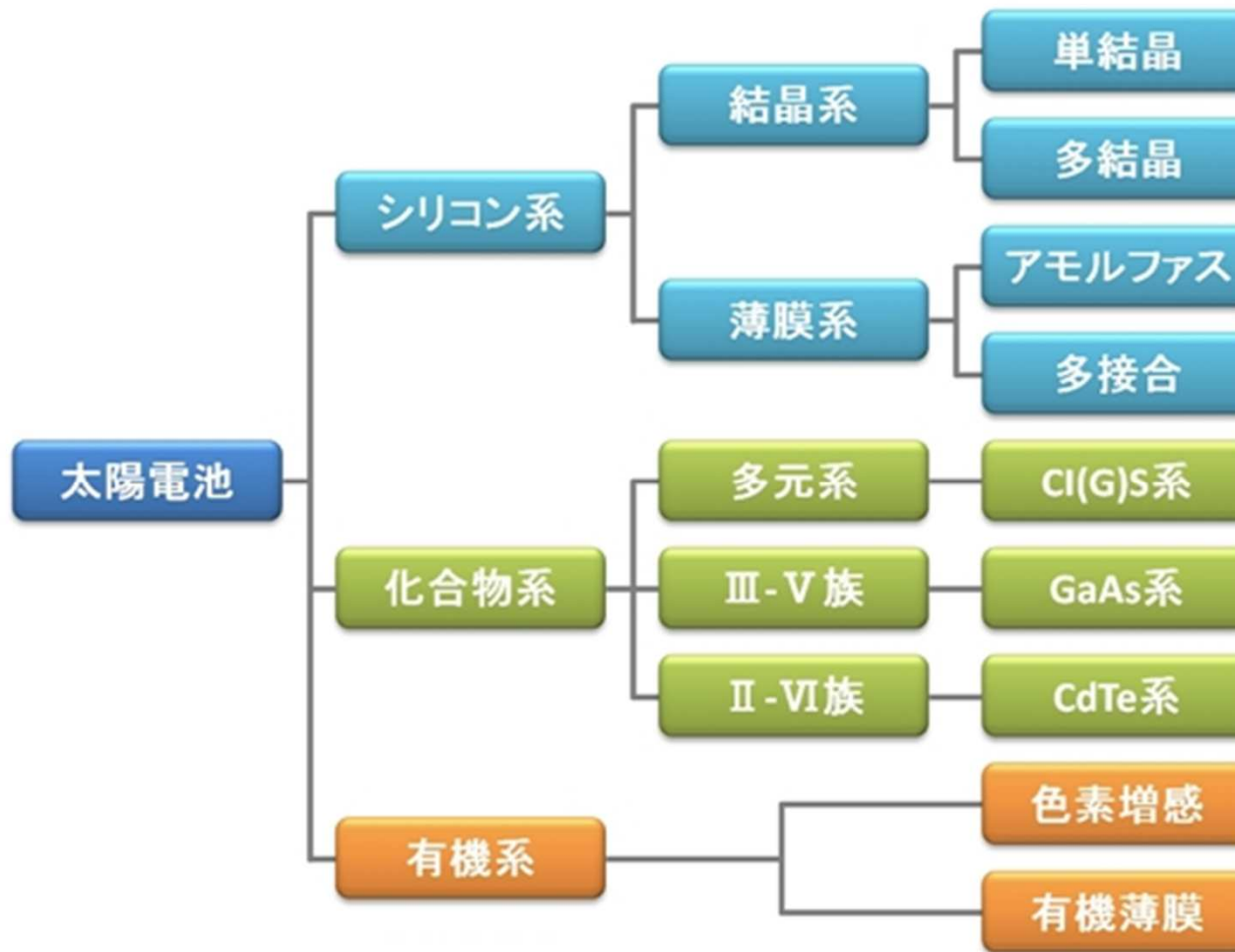
出典：エネルギーハーベスティングコンソーシアム

<http://www.keieiken.co.jp/ehc/about/index.html>



# 光発電 PN接合型と色素増感型

# 材料による分類



[http://www.solartech.jp/cell\\_type/](http://www.solartech.jp/cell_type/)

# 発電効率とコスト(pn接合型)



分類		特徴	モジュール 変換効率	実用化 状況※1
シリコン系	単結晶	高純度シリコンを使用するため高価だが変換効率や信頼性も高い。	～20%	○
	多結晶	小さい結晶が集まった多結晶シリコンを使用するため単結晶のものより低コストで、現在最も普及している。	～15%	○
	アモルファス	シリコンを結晶化させないため多結晶シリコンよりも低コストだが、変換効率も低い。	～9%	○
	多接合型	アモルファスシリコンと薄膜多結晶シリコンなど、異なる太陽電池を重ね合わせてタンDEM構造にしたもの。	～18%	○
化合物半導体系	CIS	銅、インジウム、セレンを原料とし、低コストで変換効率も比較的良い。	～12%	○
	CIGS	CIS太陽電池の3元素にガリウムを加え4元素にしたもの。	～13%	○
	CdTe	カドミウムとテルルを原材料とし、欧米を中心に普及。	～11%	○
	GaAs	ガリウムとヒ素を原材料とする。高効率だが高価で人工衛星などの用途が中心。	25%程度	○
有機系	有機薄膜	有機半導体を材料とする。製造コストが安く、現在研究が盛んに行われている。	～8% ※2	△
	色素増感	電極の白金以外は非常に低価格な材料で製造可能。製品寿命などの課題に対する研究が行われている。	～11% ※2	△
量子ドット		理論効率75%の潜在性を持つ第3世代太陽電池。実用性を持つ大きさへのスケールアップなどに課題	～19% ※2	△

NEDO 再生可能エネルギー技術白書(2010年)を基に編集

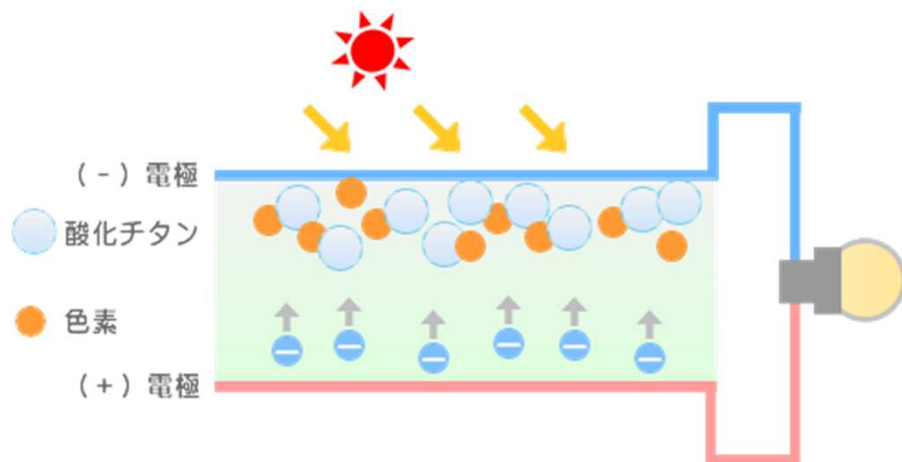
※1: 実用化済みのものは「○」、研究段階のものは「△」で表記

※2: 研究段階の太陽電池についてはモジュール効率ではなく、セル効率を記載

# 色素増感型



酸化チタンに色素を付着させ、色素に太陽の光を当てることによって発電する



- ①光を当てる
- ②マイナス極の酸化チタンに吸着している色素が光励起する
- ③色素から酸化チタンに電子が注入され、色素が酸化する
- ④色素は電解液中のヨウ素から電子を奪って還元される
- ⑤ヨウ素はプラス極から電子を受け取り元に戻る

		色素増感	アモルファスSi	結晶系Si
変換効率		△	△	○
出力	屋内使用	○	○	×
	屋外使用	×	△	○
信頼性		△	○	○
コスト		○	○	△
意匠性		○	×	×

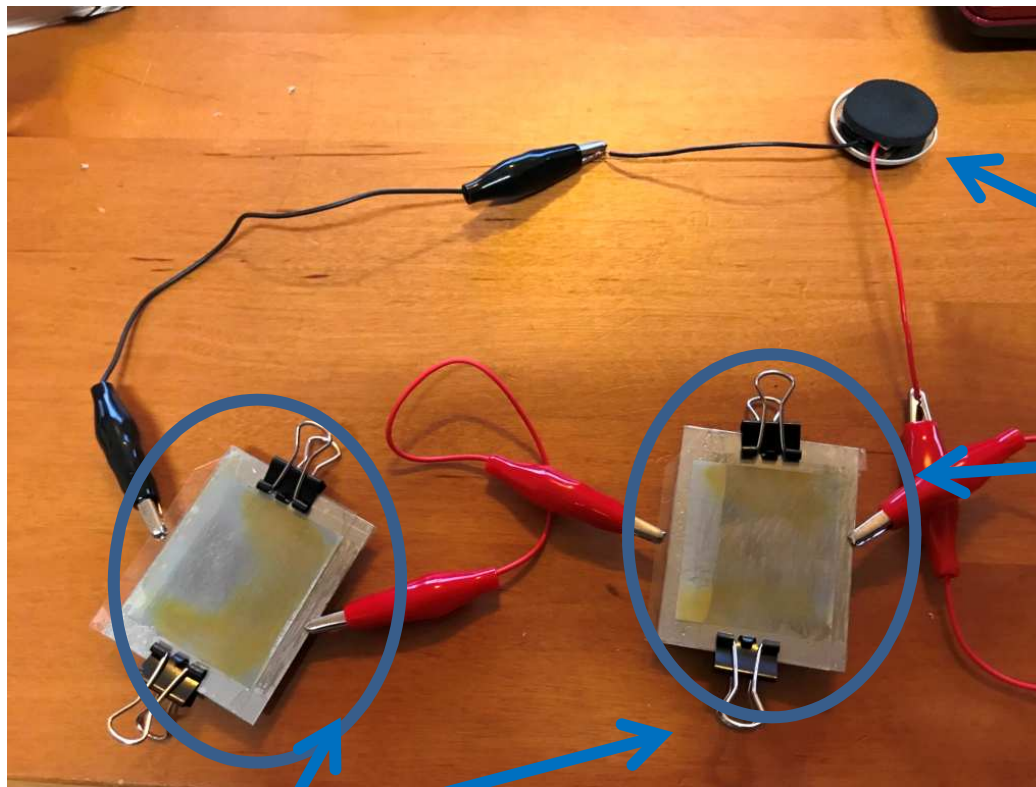




# 色素増感太陽電池 実験キット



ペクセルテクノロジー製 3500円 (+消費税)  
WEBで申し込むと数日で届く (費用は銀行振り込み)  
作業時間は1時間ほど



電子オルゴール (ハッピーバースデー)

導電性プラスチックとステンレスの間に酸化チタンペーストで多孔膜を作り、色素を定着させて電解液を流し、電池の完成。

直列につなぎ、直射日光に  
当てている間メロディーが流れる



# 力学的発電

電磁誘導/静電誘導/逆磁歪/圧電

# 代表的な力学的発電

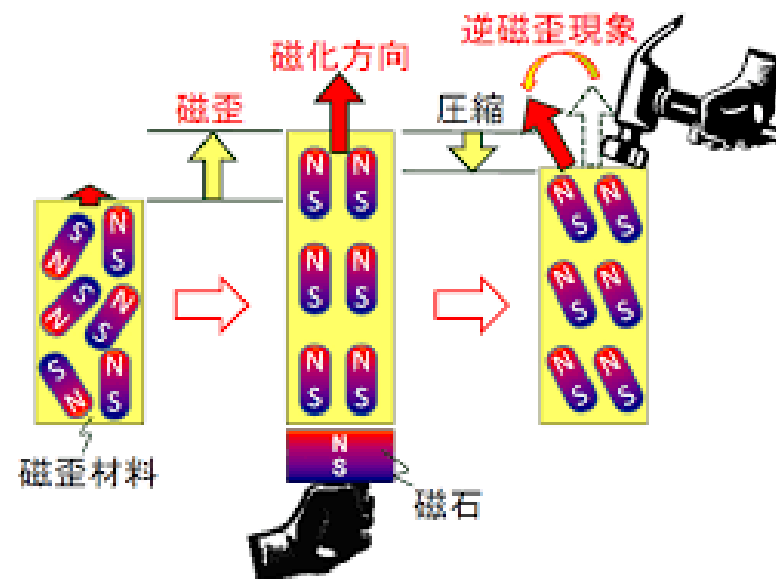


- 電磁誘導
  - 前後運動、回転運動、振動・・・
  - モーターの逆 = 発電機
- 静電誘導
  - エレクトレット（電石）、静電気
- 逆磁歪
  - 磁歪効果（金属に磁力を加えると変形（伸びる）する）の逆
- 圧電
  - ピエゾ素子
  - 電子ブザー、ライター、電子楽器

# 代表的な力学的発電



- 電磁誘導
  - 前後運動、回転運動、振動・・・
  - モーターの逆 = 発電機
- 静電誘導
  - エレクトレット（電石）、静電気
- 逆磁歪
  - 磁歪効果（金属に磁力を加えると変形 = 伸びる = する）の逆
- 圧電
  - ピエゾ素子
  - 電子ブザー、ライター、電子楽器



[http://www.tohoku.ac.jp/japanese/newimg/pressimg/tohokuuniv-press\\_20131213\\_01.pdf](http://www.tohoku.ac.jp/japanese/newimg/pressimg/tohokuuniv-press_20131213_01.pdf)

# 発電原理による特性の違い



	電流を発生 (磁場が変化)	電圧を発生 (電場が変化)
メカニカル	電磁誘導	静電誘導
材料特性	逆磁歪	圧電

- 部品間の相対運動によって発電するメカニカル方式は材料と装置を別々に設計できる
- 材料自体の変形で発電する逆磁歪や圧電は、構造が単純で小型化が容易

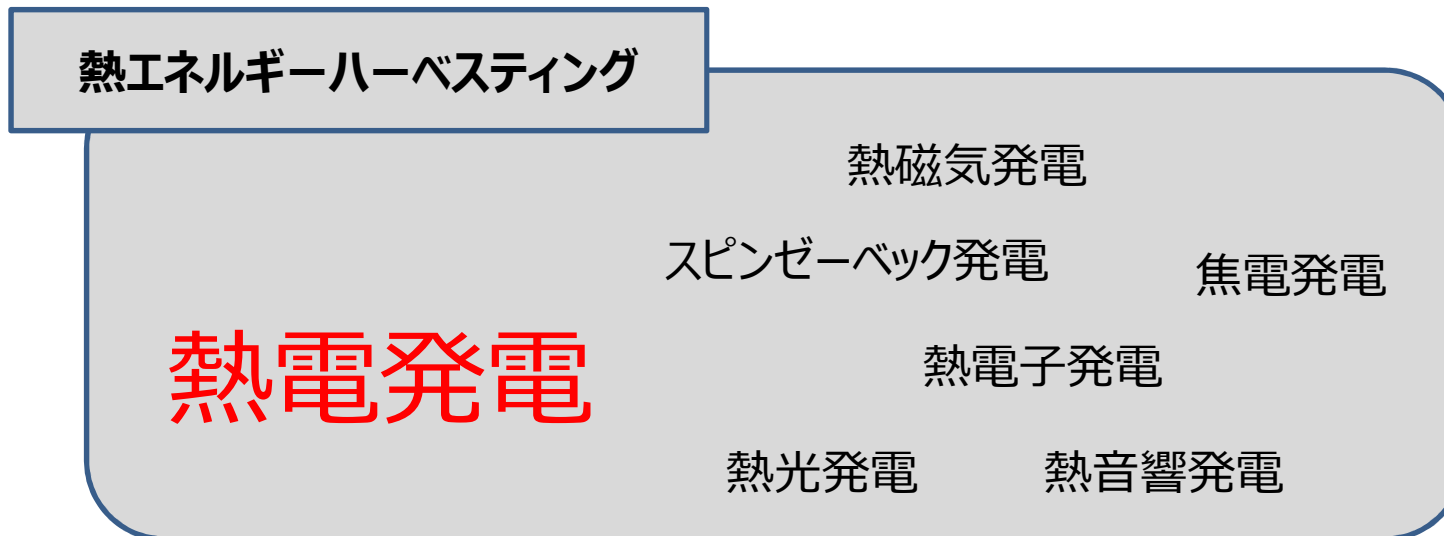


# 熱電発電

# 熱電発電について



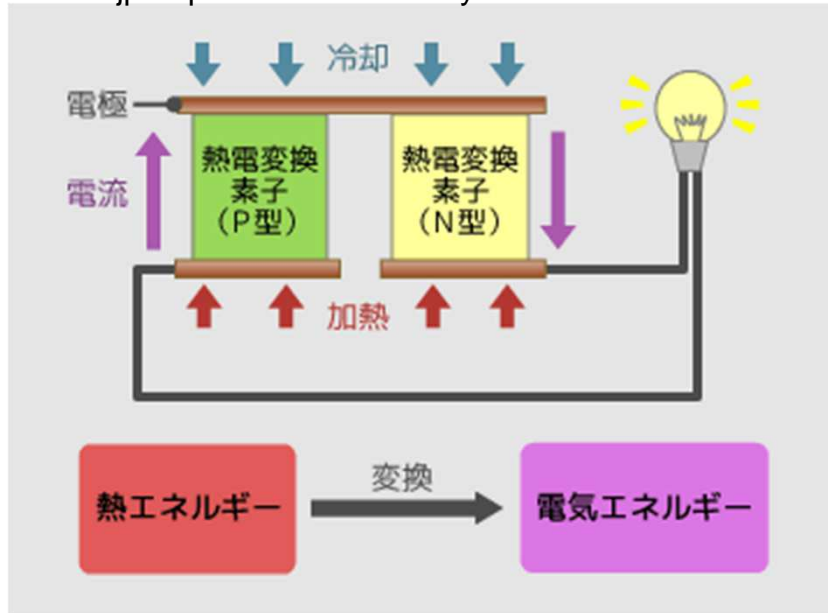
- 熱エネルギーハーベスティング = 温度差がある2点間で熱が移動する場合にエネルギーを発生する現象
  - エネルギーを電気に変換する方法が様々ある
- 熱電発電
  - 熱電材料から直接電気エネルギーを取り出す



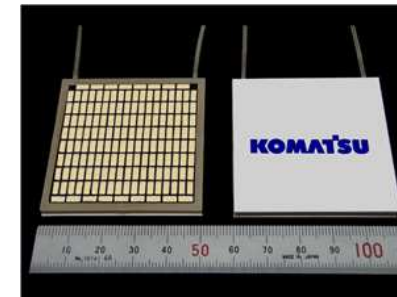
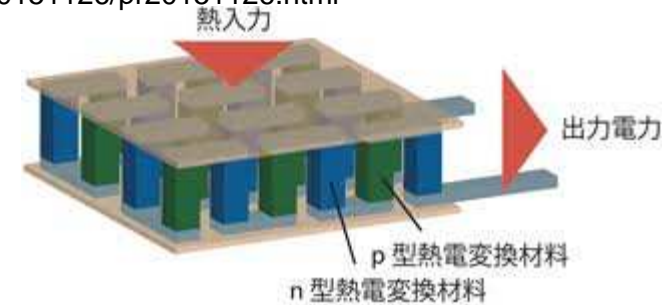
# 熱電発電の原理



<http://www.hitachi.co.jp/rd/portal/contents/story/thermoelec/index.html>



[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2015/pr20151126/pr20151126.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2015/pr20151126/pr20151126.html)



<http://www.kelk.co.jp/news/090128.html>

- p型半導体：温度差に対してプラスの方向に起電力が働く（温度勾配に沿って電子が流れる）
- n型半導体：温度差に対してマイナスの方向に起電力が働く（温度勾配に沿って正孔が流れる）



p型熱電素子とn型熱電素子を直列につなぐことで電気が流れる



さらにこのペアを直列につないで昇圧する（モジュール化）





# JASAとエネルギーハーベスティング

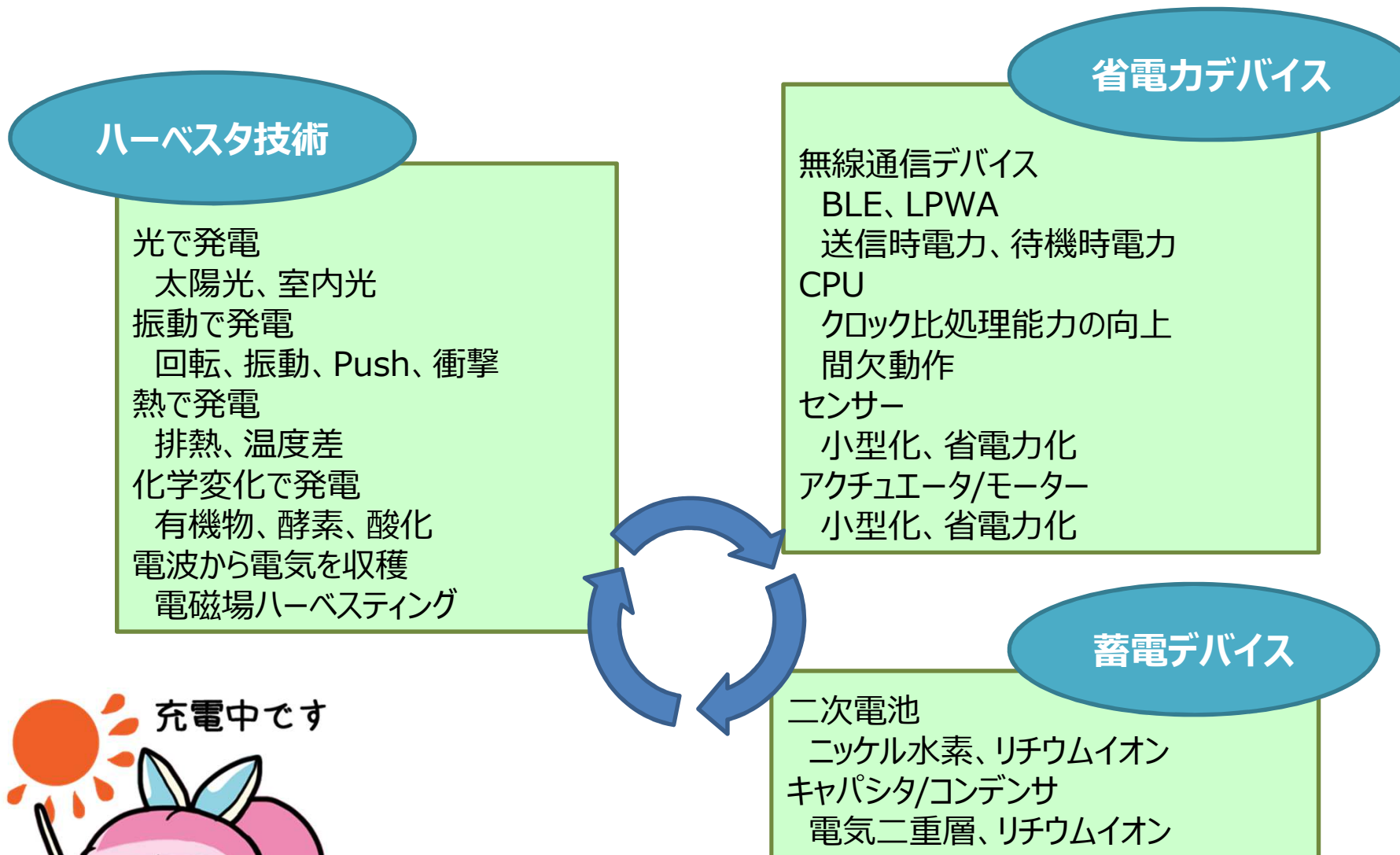
# ハーベスタの課題

---

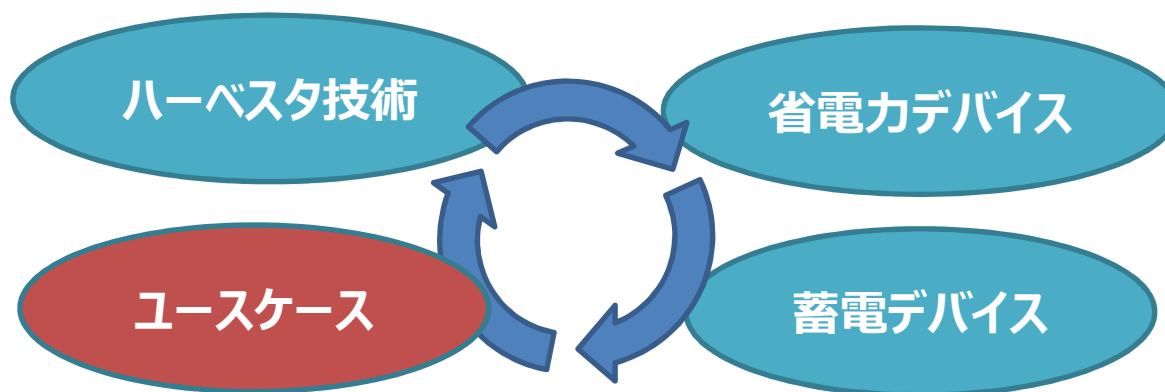


- 発電量が一定しない
  - 環境に依存する場合
- 欲しい時に発電してくれるわけではない
  - 発電環境が変化する
- 使用電力量が読みにくい
  - CPUや無線デバイスの待機電力、電波ある？
  - 回路のリーク電流やロス

# 三者のバランス



# ユースケース



例えば・・・

- 一定の振動や温度差がある場所
  - 電車 △トラック
  - 工場排気/ポンプ △環境温度
- 電力を貯めて使う
  - 不定期/少ないセンシング △異常通知
- センシング = 発電
  - 圧電センサ ○開閉/侵入検知

四者の組み合わせの妙  
(コストも含めて五者?)



ET×ET (エッジテクノロジー)によって実現する  
スマートな社会2018

# IoTとエネルギーハーベスタの相性



- エッジノードの電源問題
  - 電池交換をなくす または 減らす
- センサー設置場所の自由度
  - 二度と行けない場所 または 行くのが大変な場所
- 低消費電力化の進行
  - CPUや無線通信での技術革新
- サービスビジネス
  - モノ売りではもうからない = 永久に動く電源は一度しか売れない



- 分散と組み合わせ
  - CPUやメモリの選択
  - 数ある通信手段
- 数多くのニッチなユースケース
  - 用途やアプリケーションが多様なため大量生産でビジネスモデルが作りにくい



## ■ 活動報告

- 6月22日(金) WG開催  
ルネサスのエネルギーハーベスト用デバイス  
(MPU)の紹介  
年末くらいにES品  
パートナー募集中

## ■ 今後どうするか

- ユースケース想定
- 実際にやってみる





# WG活動内容



- ニーズとシーズ
  - ニーズ面：ユースケースを想定してデモ作成
  - シーズ面：ハーベスタ周辺技術の調査
- エネルギーハーベスティングコンソーシアムとの協力
  - 勉強会/セミナー
  - ビジネスマッチング
- 参加各社へのノウハウ持ち帰り



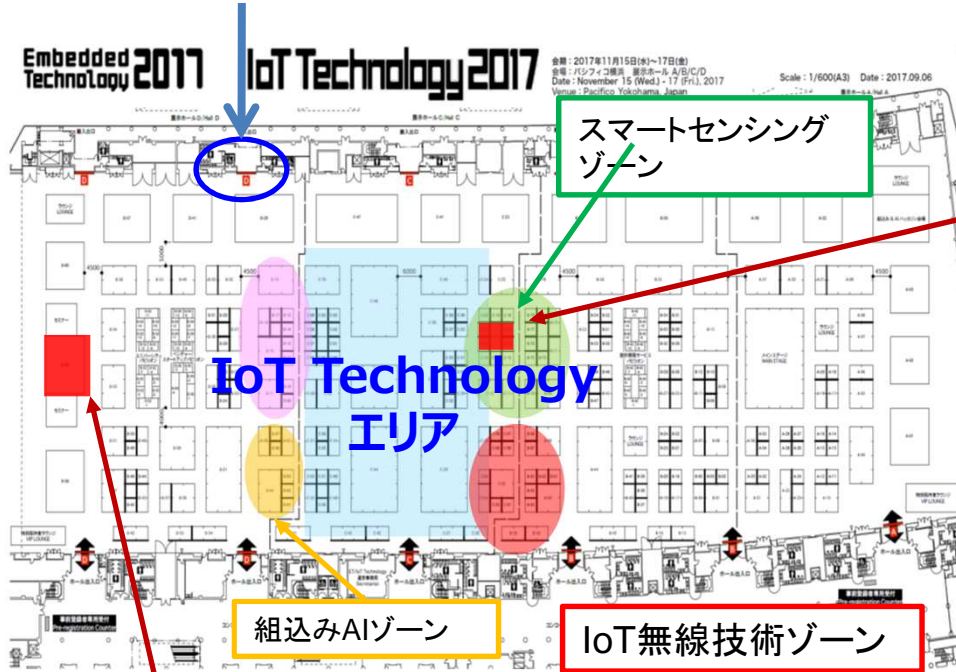
## ■ メンバー

- アンビエントデーター
- イーアールアイ
- JFP
- ジェネシス
- 日本ノーベル
- マイクロテクノロジー
- ユークエスト
- エネルギーハーベスティングコンソーシアム（囑託）

# ETではEHCゾーンに出展

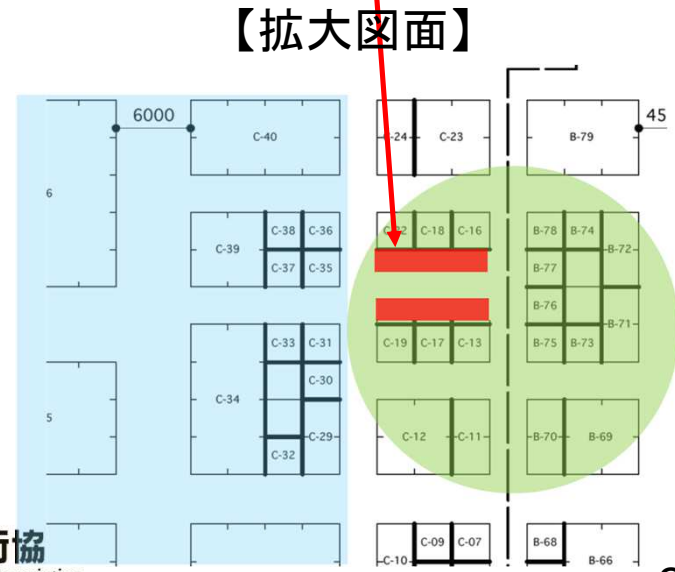


センサー設置位置  
 ホールCの向かって左のトイレ(全体の左から二番目)  
 多目的トイレ:個室×1



エネルギーハーベスティングコンソーシアム  
**【小間位置・番号:C-14】**  
 スペース(間口 6m x 奥行 9m = 54㎡)

JASAパビリオン  
 委員会の他のWGはここに出展



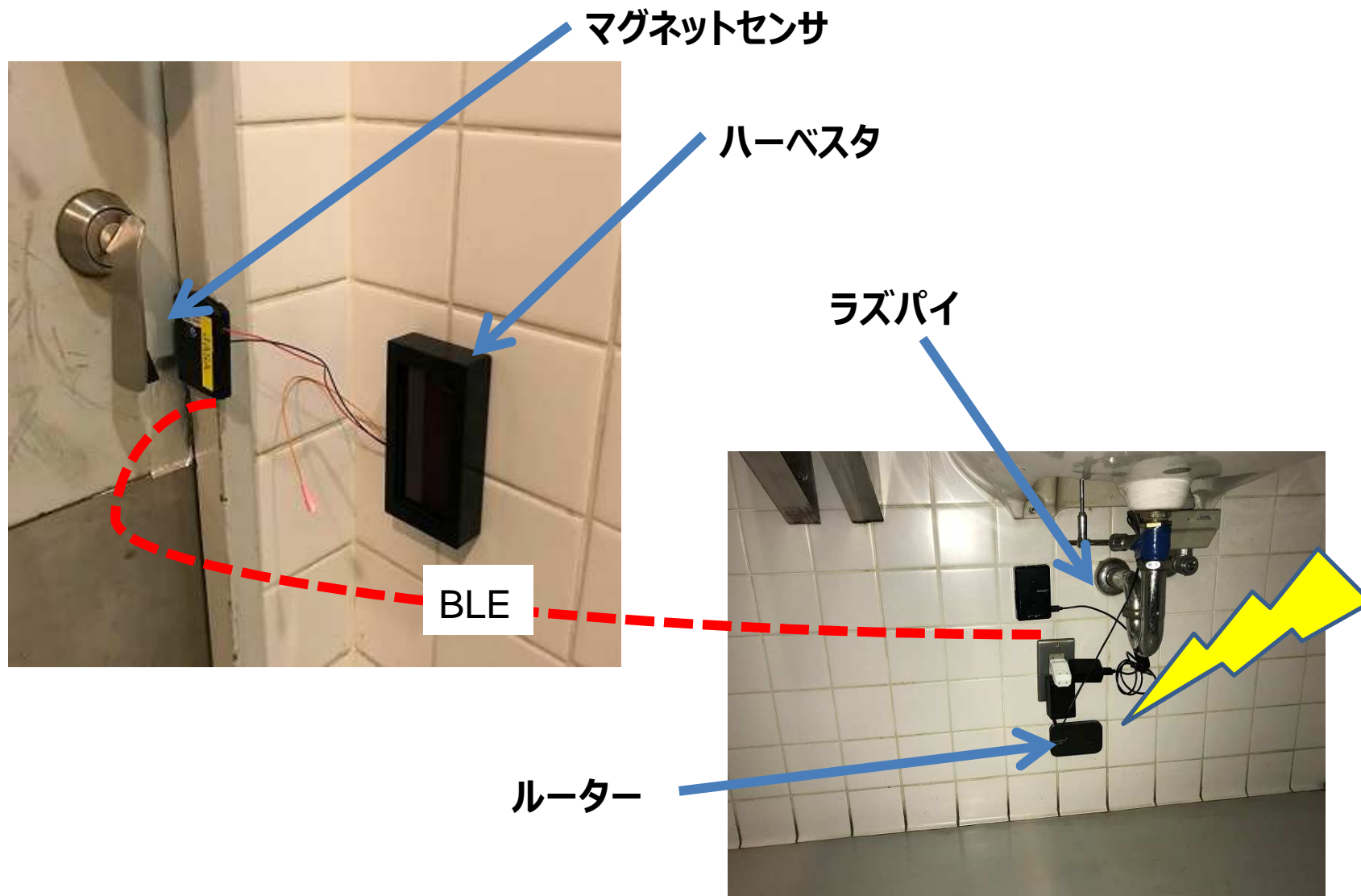
# EHCブースの様子



トラック振動デモ

トイレ空き状況センシングデモ

# トイレ



# シーズからの調査

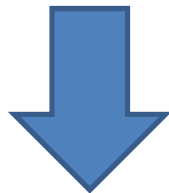


- シーズからの調査として、①発電デバイス（ハーベスタ）→②ユースケース→③使用電力（CPU/通信デバイス）の順で調査する
- ①ハーベスタの調査項目
  - 電圧
  - 電流
  - 発電特性
  - 物理的な大きさ
  - 価格（入手性含む）
  - 環境条件
- 様々な発電方式をこれらの項目でマッピング
  - 光発電
    - pn接合型（シリコン系、化合物系）
    - 色素増感
  - 圧電/振動発電
    - 電磁誘導
    - 静電（エレクトレット）
    - 逆磁歪
    - 圧電（ピエゾ）
  - 熱電発電

# 今後の活動方針



- 技術的な知見の獲得
- 経験の取得
- 新デバイスや新技術のキャッチアップ
- 小規模多品種（様々なユースケース）におけるエネルギーハーベスティングシステムへの組込みエンジニア的取り組み



我々なら商売にできる！

・・・かもしれない





## 【IoTの電力を担うエネルギーハーベスティングの可能性と課題】

2018/7/6 発行

発行者 一般社団法人 組込みシステム技術協会  
東京都中央区日本橋大伝馬町6-7  
TEL: 03(5643)0211 FAX: 03(5643)0212  
URL: <http://www.jasa.or.jp/>

本書の著作権は一般社団法人組込みシステム技術協会（以下、JASTA）が有します。  
JASTAの許可無く、本書の複製、再配布、譲渡、展示はできません。  
また本書の改変、翻案、翻訳の権利はJASTAが占有します。  
その他、JASTAが定めた著作権規程に準じます。