



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

2019年2月6日

JASA 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
 - 熱電発電
- 事例
- ハーベスタの可能性と課題



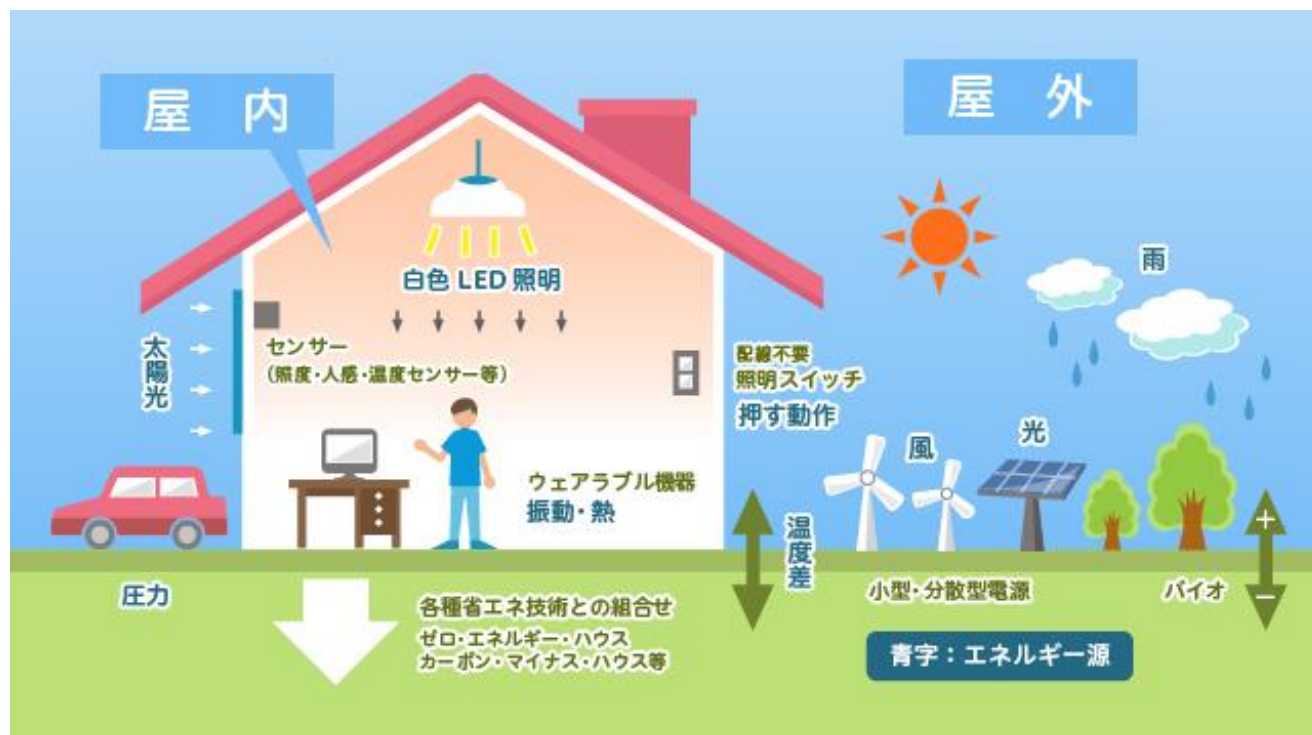


エネルギーハーベスティング 技術概要

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

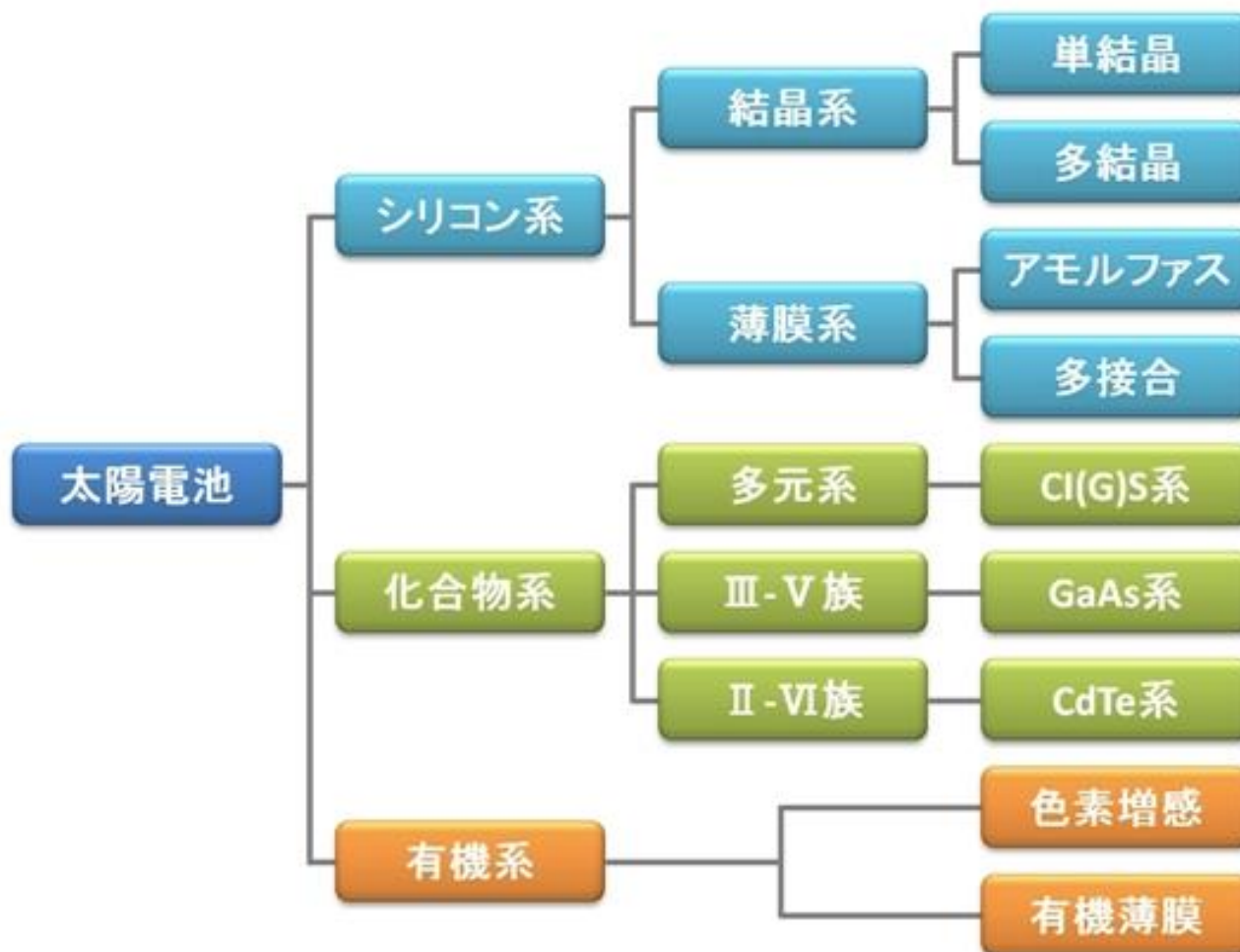
<http://www.keieiken.co.jp/ehc/about/index.html>



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/

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デム構造にしたもの。	～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

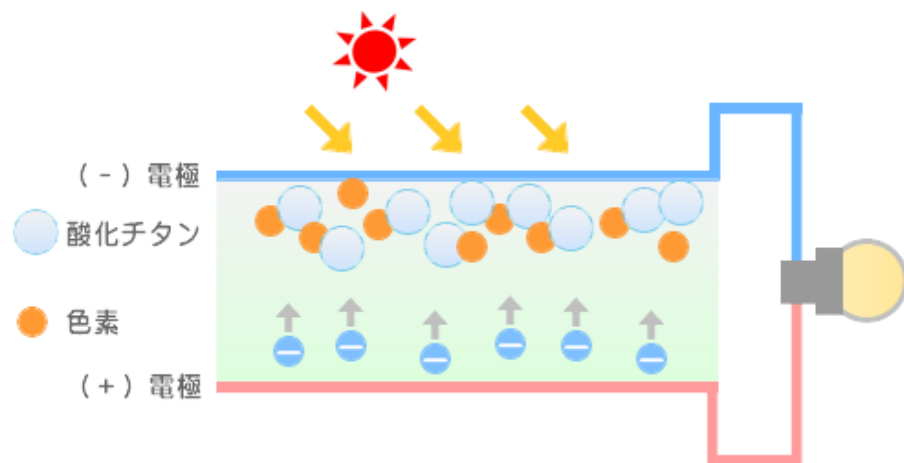
※1: 実用化済みのものは「○」、研究段階のものは「△」で表記

※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

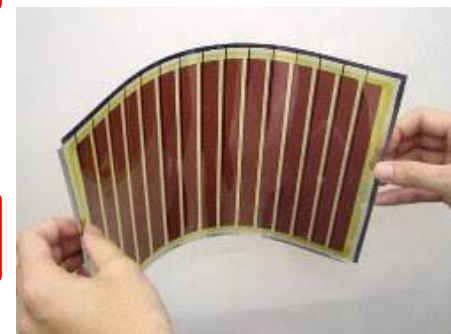


酸化チタンに色素を付着させ、色素に太陽の光を当てることによって発電する



- 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

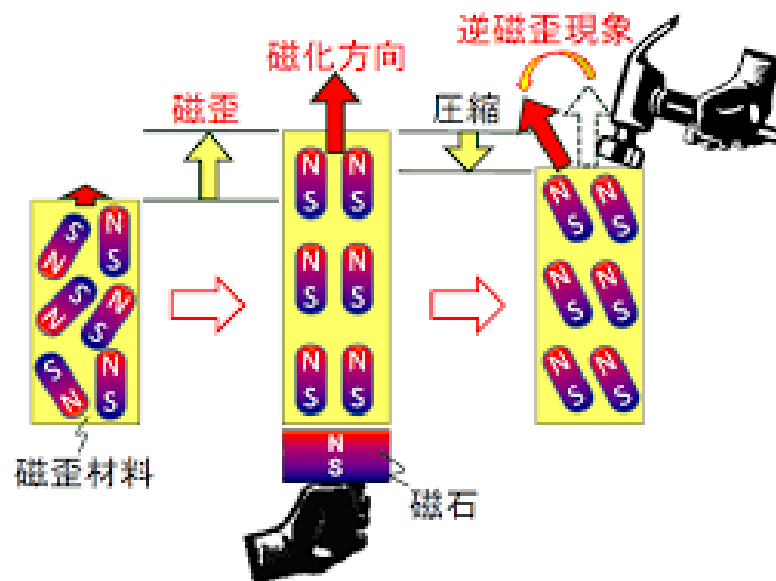
		色素増感	アモルファスSi	結晶系Si
変換効率		△	△	○
出力	屋内使用	○	○	×
	屋外使用	×	△	○
信頼性		△	○	○
コスト		○	○	△
意匠性		○	×	×



力学的発電

電磁誘導/静電誘導/逆磁歪/圧電

- 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

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

熱エネルギーハーベスティング

熱電発電

熱磁気発電

スピンゼーバック発電

焦電発電

熱電子発電

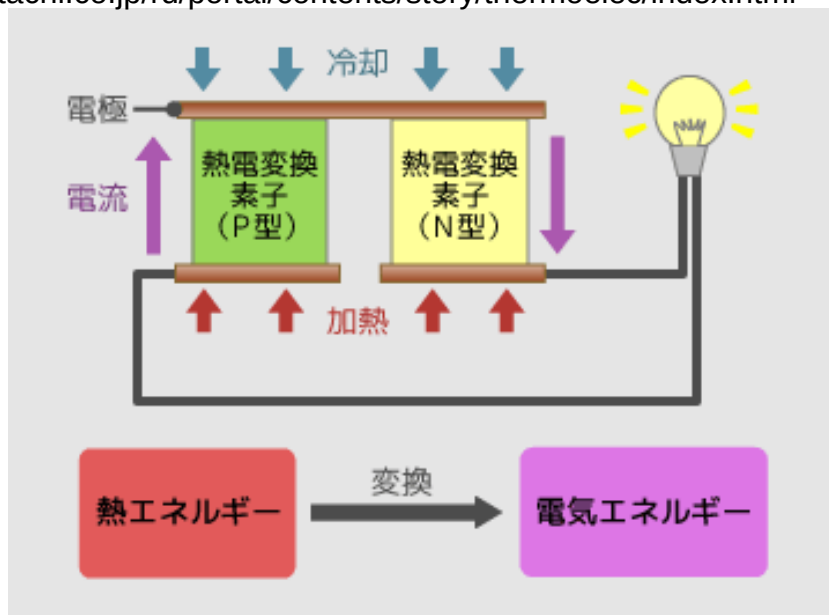
熱光発電

熱音響発電

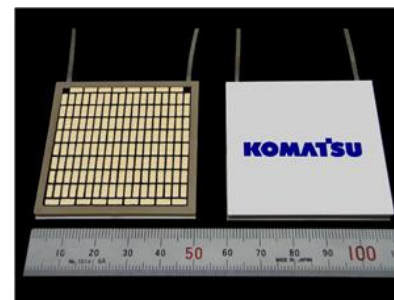
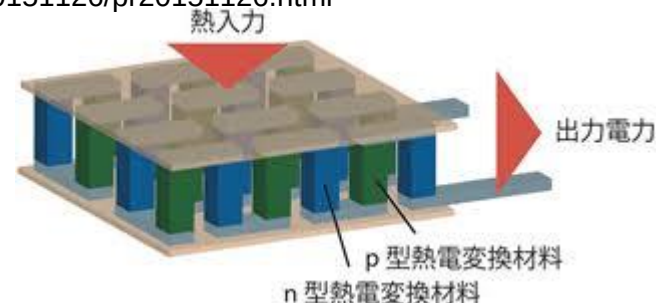
熱電発電の原理



<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.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）



様々な事例

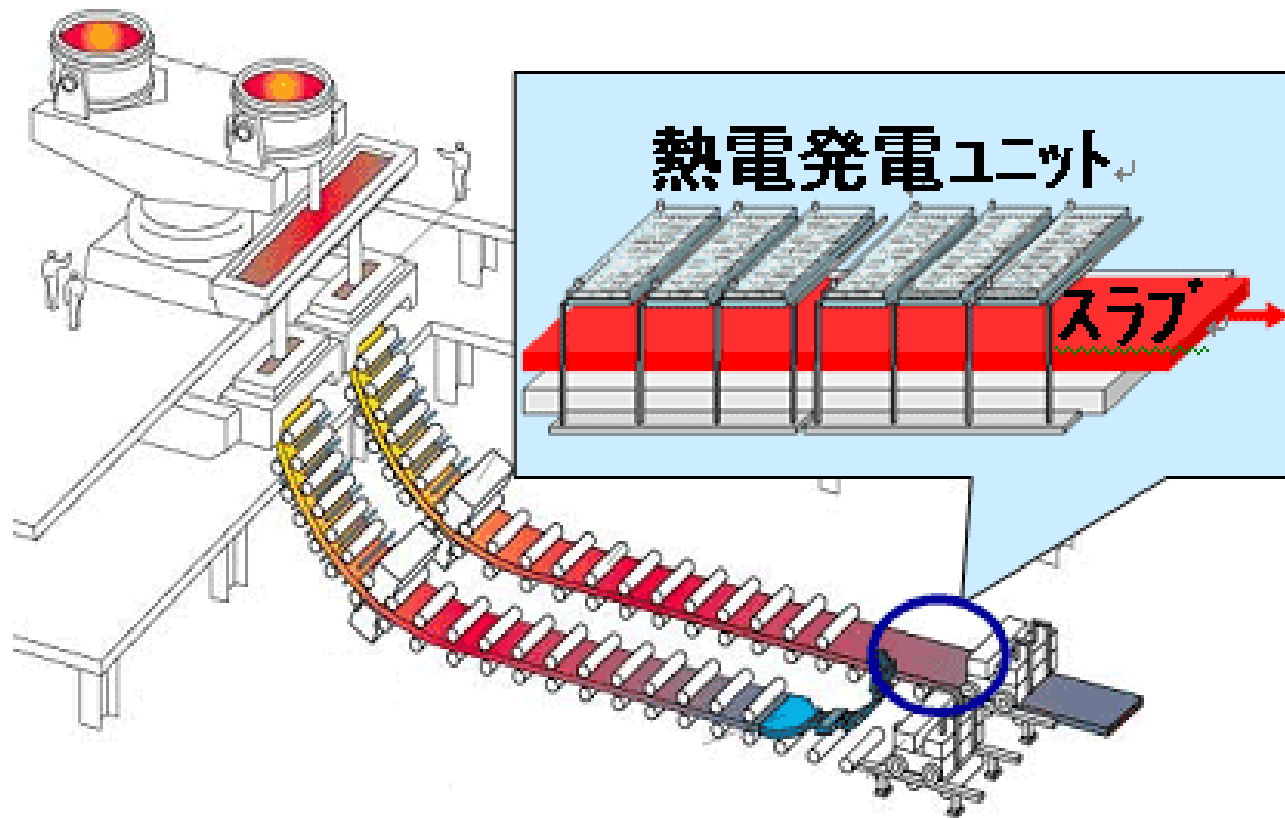
<https://perpetuum.com/>



鉄道の台車に振動発電装置とセンサー、無線ユニットを取り付け、セルフパワーで状態を監視



Saudi Railway Company





EnOcean/無電源ワイヤレススイッチ
Philips社 hue



ハーベスタの可能性と課題



- エッジノードの電源問題の解決
 - 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を向上
 - 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



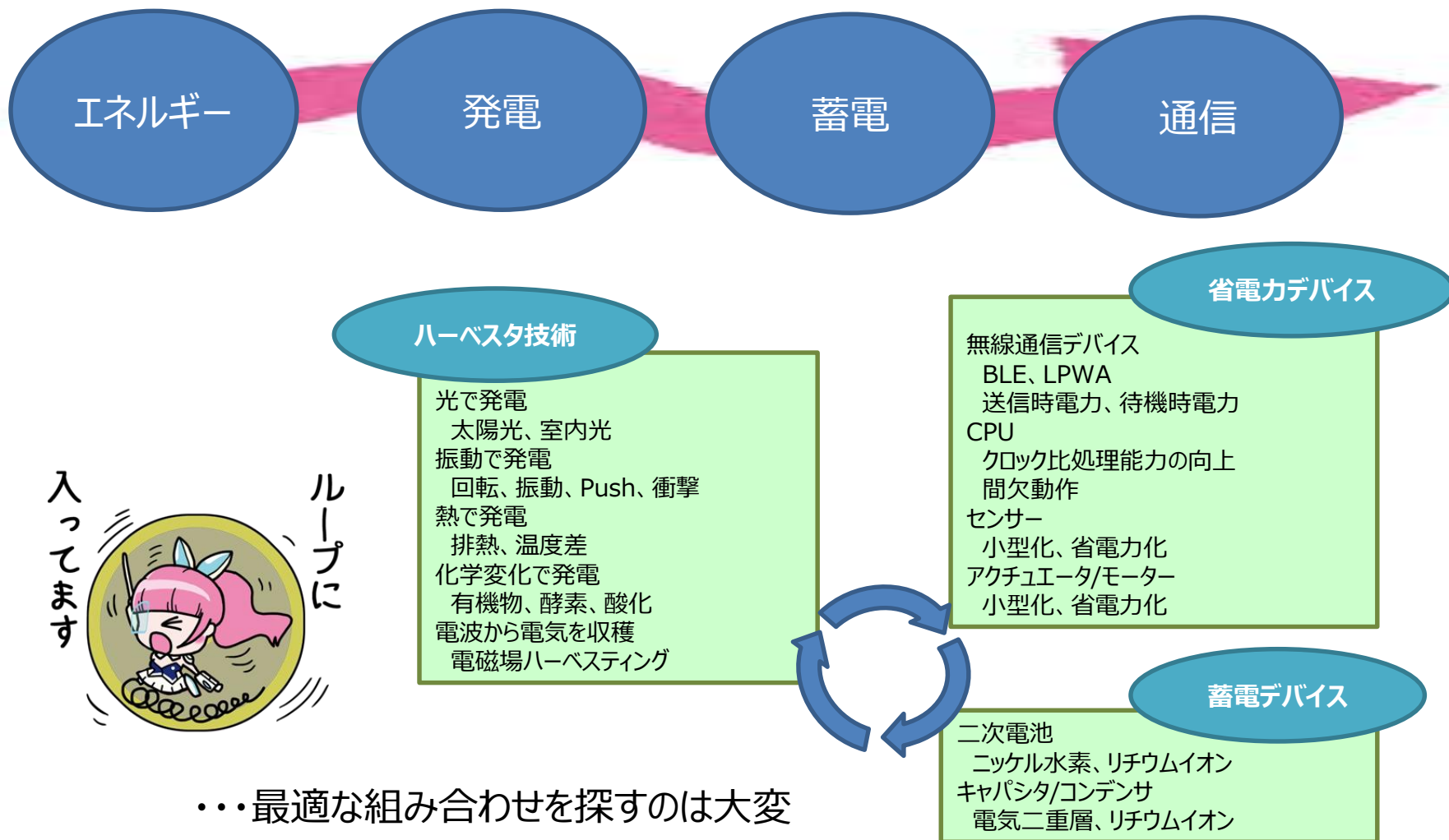
■ 組み合わせの妙

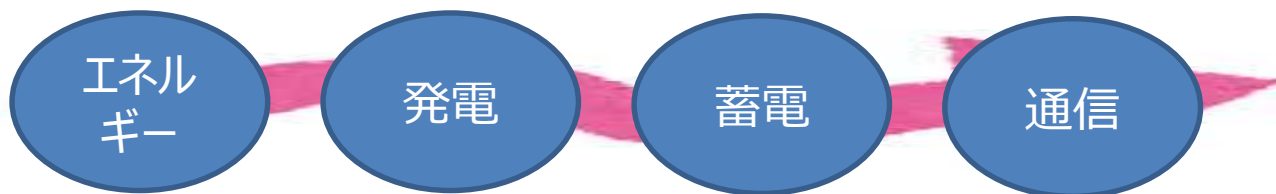
- パターンの多いシステム構成
- 数ある通信手段
- センサやアクチュエータの選択

■ 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
- 小規模多品種

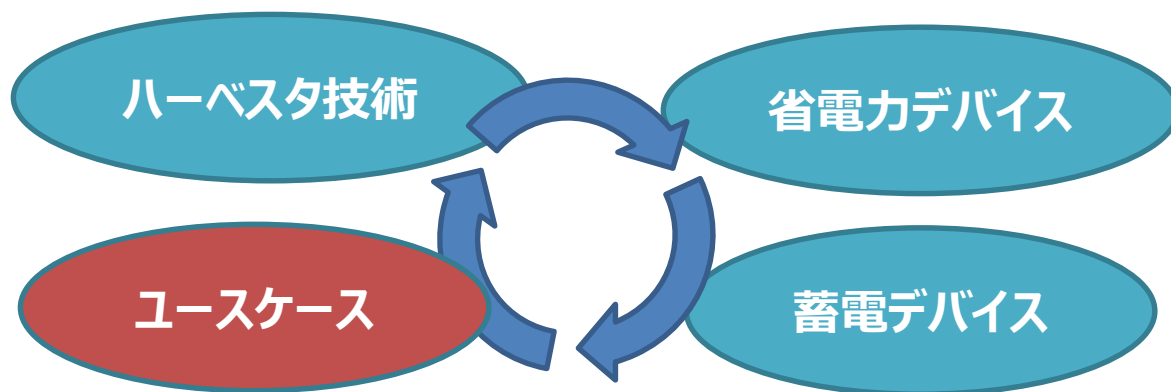
ハーベスタを利用してやろう・・・と考えるみる





- エネルギー供給が一定ではない
 - 発電量が一定しない
 - 欲しいときに発電してくれない
- 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

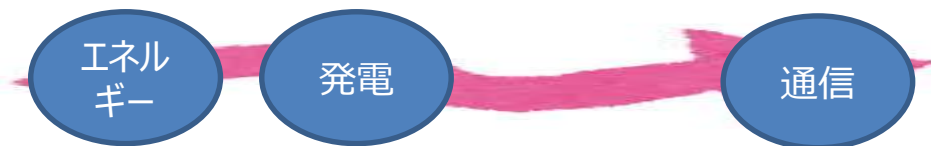
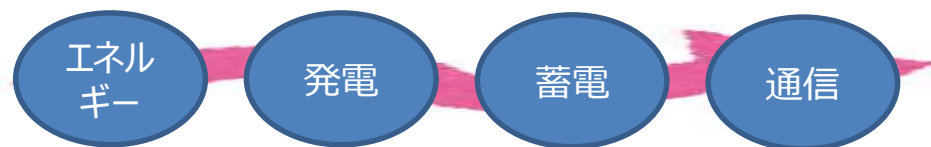
ユースケースから考えてみる



四者の組み合わせの妙
(コストも含めて五者?)

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/少ないセンシング回数 (欠測OK)
- センシング = 発電
 - 圧電センサ ○ 開閉/侵入検知

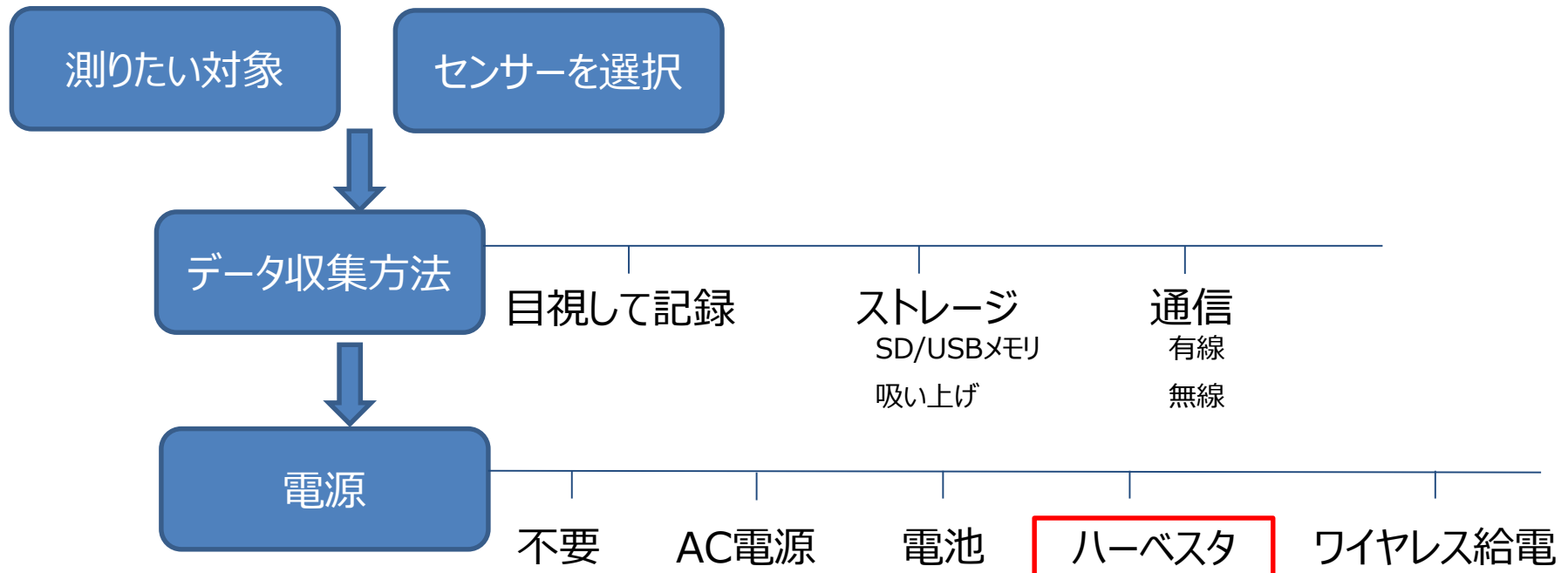


× 異常通知

ハーベスト技術の使い道を考えるではありません



エネルギーハーベスティング技術とは、必要なデータを集めるのに難がある場合に利用する技術のひとつにすぎません。



ハーベスタを検討できるケース



■ 交流電源がない

- 電池交換が大変
 - ー 鉄塔の上
 - ー お客様の敷地
 - ー 取り出しにくい電池
- 僻地
 - ー 海山川
 - ー 田畑

■ 余剰エネルギーがある

- 排熱
- 磁場/電場
- 騒音
- 振動

それだ!!!



JASAには組込み技術やIoTシステムが得意な企業があつまっています。

電池交換でお困りの方

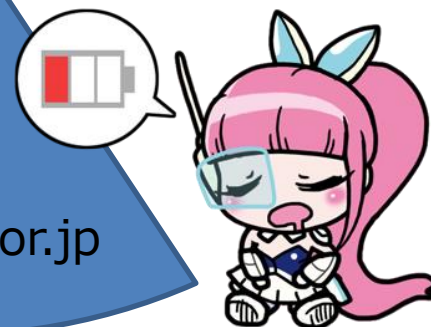
交流電源引けなくてお困りの方

余っているエネルギーがある方

JASAEネルギーハーベスティングWGに
ご相談ください

jasainfo@jasa.or.jp

電池がきれそうです



【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】

2019/2/6 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、JASA）が有します。
JASA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JASAが占有します。
その他、JASAが定めた著作権規程に準じます。