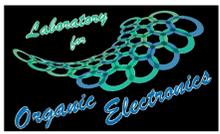


布状熱電変換素子

～体温で電気を生み出す～

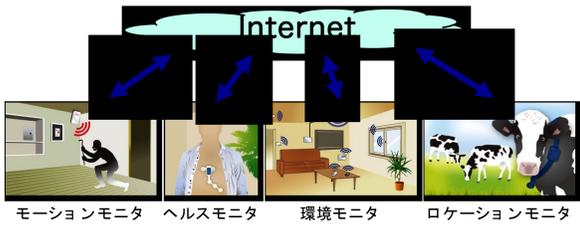


物質創成科学領域 中村 雅一

要点

- ・エネルギーハーベスティング（環境発電）技術が今必要とされている。
- ・光、振動、熱など、適材適所で「収穫」する。
- ・人体は安定して100 W以上の熱を発生しているため、特にウェアラブル用途では熱電変換が有望。
- ・独自の材料設計：タンパク質分子を使って電気は流すが熱は遮る。
- ・独自の素子設計：カーボンナノチューブ紡績糸を布に縫い込む。
- ・布のような断熱性は、快適性のためにも発電能力を十分発揮させるためにも重要。

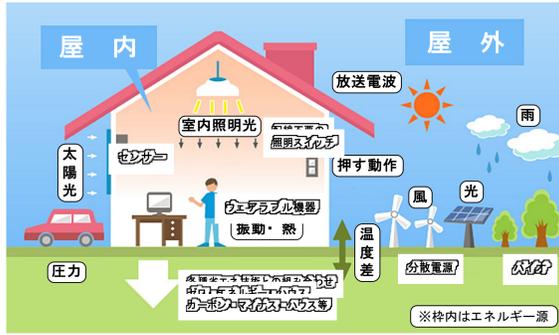
なぜ今、エネルギーハーベスティング？



これから膨大に増えるであろう孤立電子機器の電源をどうやってまかなうかが課題となっている。

→ エネルギーハーベスティング（環境発電）デバイスの必要性が増している

身の回りに沢山ある環境エネルギー



中村雅一: 「IoTを指向するバイオセンシング・デバイス技術」(長谷他監修, シームシー出版), 第2章 6 「フレキシブルエネルギーハーベスター」より

屋内環境エネルギーの比較

エネルギー種別	生活環境での典型的エネルギー密度 (1 cm ² あたり)	エネルギー変換の原理	エネルギー変換効率の目安 (%)	薄型化した場合の典型的な厚み	フレキシブルな適用性
室内光	0~300 μW	フォトダイオード (太陽電池)	10~20	数十~数百 μm	◎
電波	0~1 μW (専用受信機なし)	アンテナ + 整流	30	数十~数百 μm	◎
振動	0~1 mW (振動)	(1) 電磁誘導	50	数~数十 mm	×
圧力	0~数十 mW (圧力)	(2) 静電誘導	30	1~数 mm	×
		(3) 圧電効果	30	1~数 mm	△
熱流	5 mW (人体) 0~2 mW (住宅壁)	ゼーベック効果	0.05~0.5	数百 μm ~ 数 mm	○

※ 5 mW 常に存在している (人体) 0.05~0.5 ゼーベック効果 (住宅壁) 意外に高密度

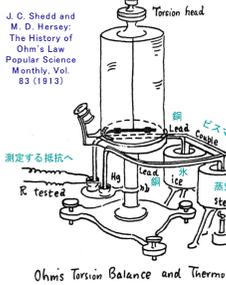
中村雅一: 「IoTを指向するバイオセンシング・デバイス技術」(長谷他監修, シームシー出版), 第2章 6 「フレキシブルエネルギーハーベスター」より

熱電変換はオームの法則の生みの親

・ゼーベック効果(Seebeck effect)
1821年 トーマス・ゼーベック



異種金属をつなげて温度差を与えると、電圧(電流)が発生する。

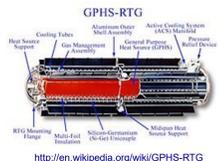


オームの法則を発見した実験では、実は熱電変換素子を電源として用いていた。

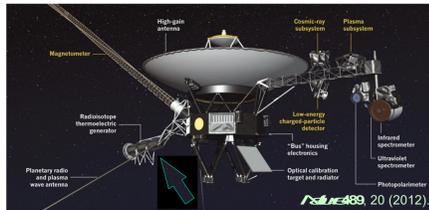
※当時、良い電流計はあったが、良い電圧計がなかったため。

宇宙用原子力電池としては70年代から使われている

核分裂によって生じたα線粒子の吸収による発熱を熱電素子によって電力に変換



パイオニア計画 (NASA)
11号は1973年打ち上げ
2003年まで動作が確認された



ボイジャー計画 (NASA)
1号、2号ともに1977年打ち上げ
現在も動作し、太陽系外へ向けて飛行中

一般に入手容易な熱電変換を利用した製品の例

BioLite社
CampStove



MATRIX社
PowerWatch



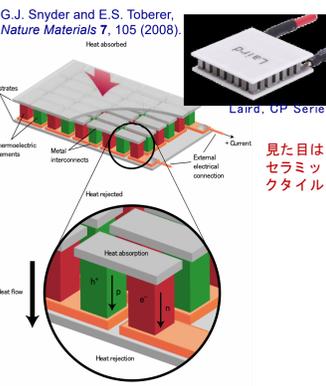
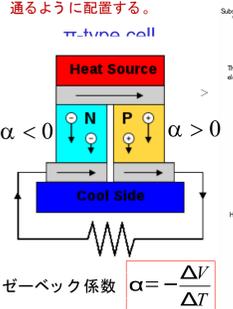
熱電変換素子で動作する世界で初めてのスマートウォッチ。
2017年11月発売
価格: \$170~

モンベルで ¥17,000+税 (2017/12/13調べ)

熱電変換素子の基本構造と動作原理

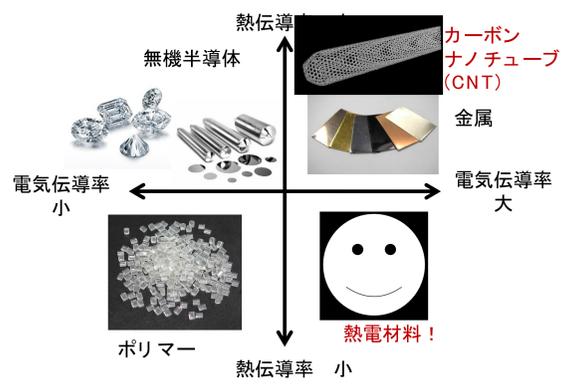
電流経路が高温部と低温部を交互に横断し、行きと帰りをそれぞれゼーベック係数が負の材料と正の材料を通るように配置する。

G.J. Snyder and E.S. Toberer, Nature Materials 7, 105 (2008).

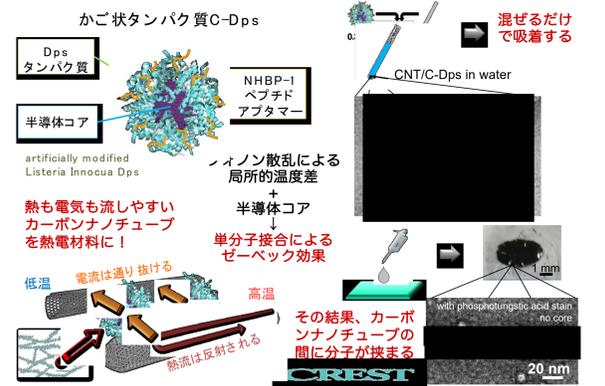


ゼーベック係数 $\alpha = -\frac{\Delta V}{\Delta T}$

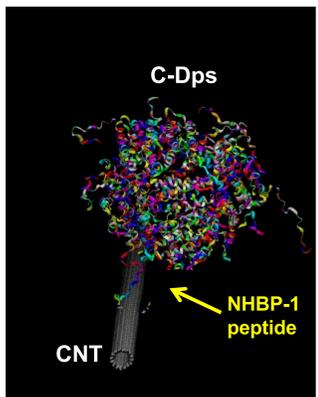
熱電材料はちょっと変わった材料



我々独自の材料設計：タンパク質分子で熱流を遮る



ペプチドアプタマーって？

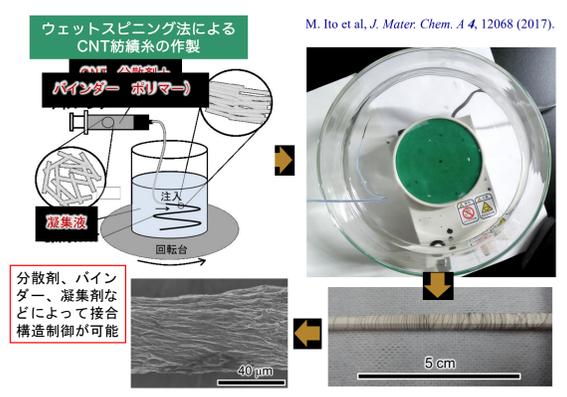


タンパク質を構成するアミノ酸の配列によって、何に吸着しやすいかが変わる。

その性質を積極的に使うためのポリペプチドを「アプタマー」と呼ぶ。

NHBP-1: DYFSPYYEQLF

カーボンナノチューブのもう一つの長所：紡糸

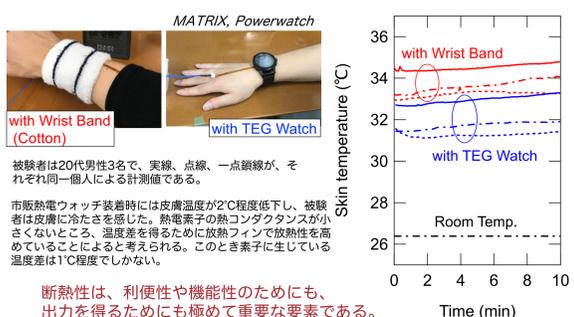


我々独自の素子設計：布状熱電変換素子



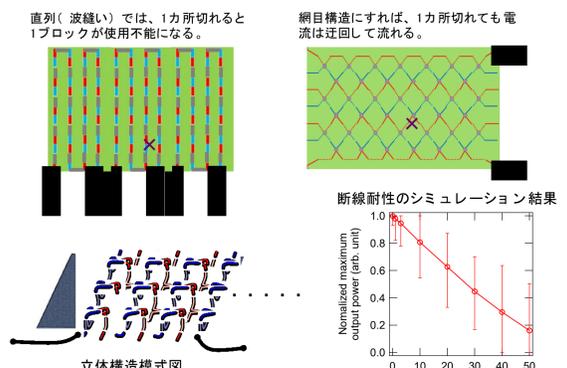
ウェアラブル熱電変換における熱伝導率の重要性 (2)

「断熱性」熱電変換素子のモデルとしてのリストバンドと、無機熱電素子を組み込んだ市販熱電ウォッチを装着した際の皮膚温度の差を調べた。



断熱性は、利便性や機能性のためにも、出力を得るためにも極めて重要な要素である。

編み目構造によってさらに断熱に強くする



布状熱電変換素子のデモンストレーション

