

身近な熱源を活用したペルチェ素子による温度差発電の検証

山梨大学 やまなしジュニアドクター育成自然塾スタンダードコース 岩間隆 (小6)

動機



たくさんの熱を得るために、たくさんの電気が必要

温度差⇒電気エネルギー??

熱電材料—ペルチェ素子へ着目

●ゼーベック効果：温度差が生じると起電力が生まれる熱電効果の一種

●ペルチェ効果：ゼーベック効果の逆の現象。電気を流すと片方の接点が吸熱し、もう片方の接点は放熱して温度差が生まれる現象。

●ペルチェ素子：片面は吸熱し、片面は放熱する半導体の一種

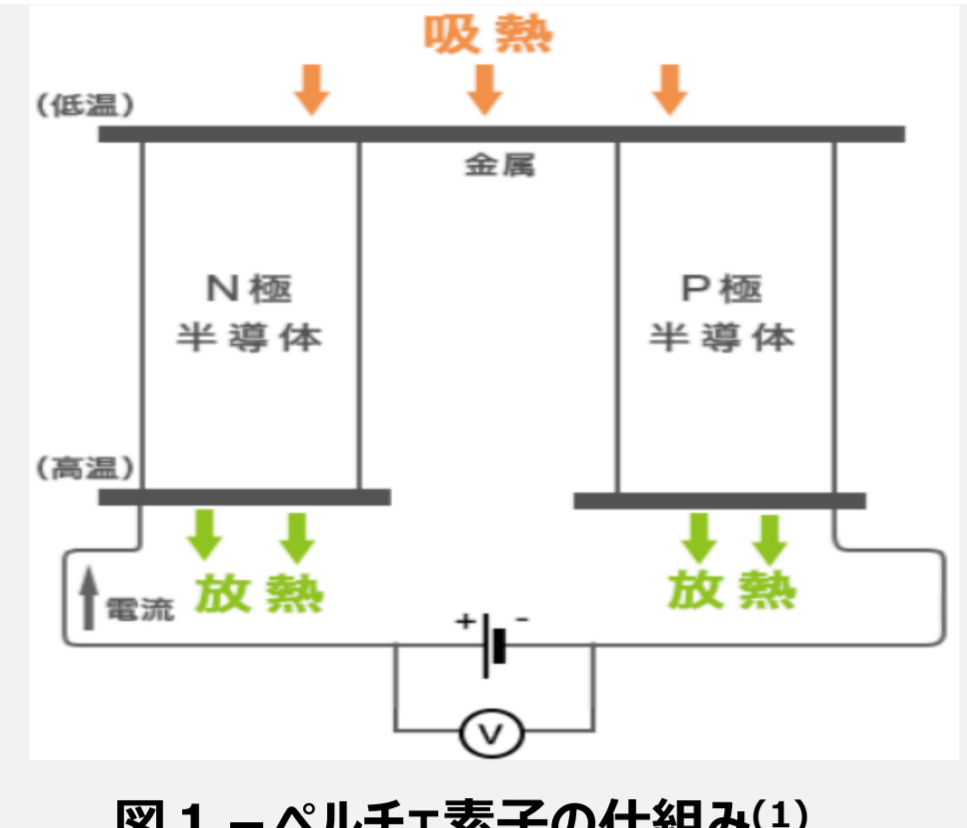


図1-ペルチェ素子の仕組み(1)

背景

●身近な熱=太陽光 太陽光を熱発電に使えるのかな？

●太陽光は、太陽光発電にも使われて、再生可能エネルギーの代表的な手段(2)

しかし、太陽光パネル発電は温度上昇すると発電効率が低下(3)

太陽光パネルから熱を奪ってペルチェ素子に移せば、
①太陽光パネル発電の性能アップと
②ペルチェ素子発電の2つの利益が得られるのではないかと仮説を立てた

研究③ 太陽光パネルの余熱を使って発電させる (結果)

ハイブリッド実験では、太陽光パネルとペルチェ素子の両方
太陽光パネルのみの実験では、太陽光パネル
ペルチェ素子のみの実験では、ペルチェ素子

電圧、電流を調べ、電力を計算した。実験はN=3で行い、結果は平均値±標準偏差で表した。

※測定日：8月25日 (1時間ごと)

ハイブリッド発電 VS ペルチェ素子のみ発電

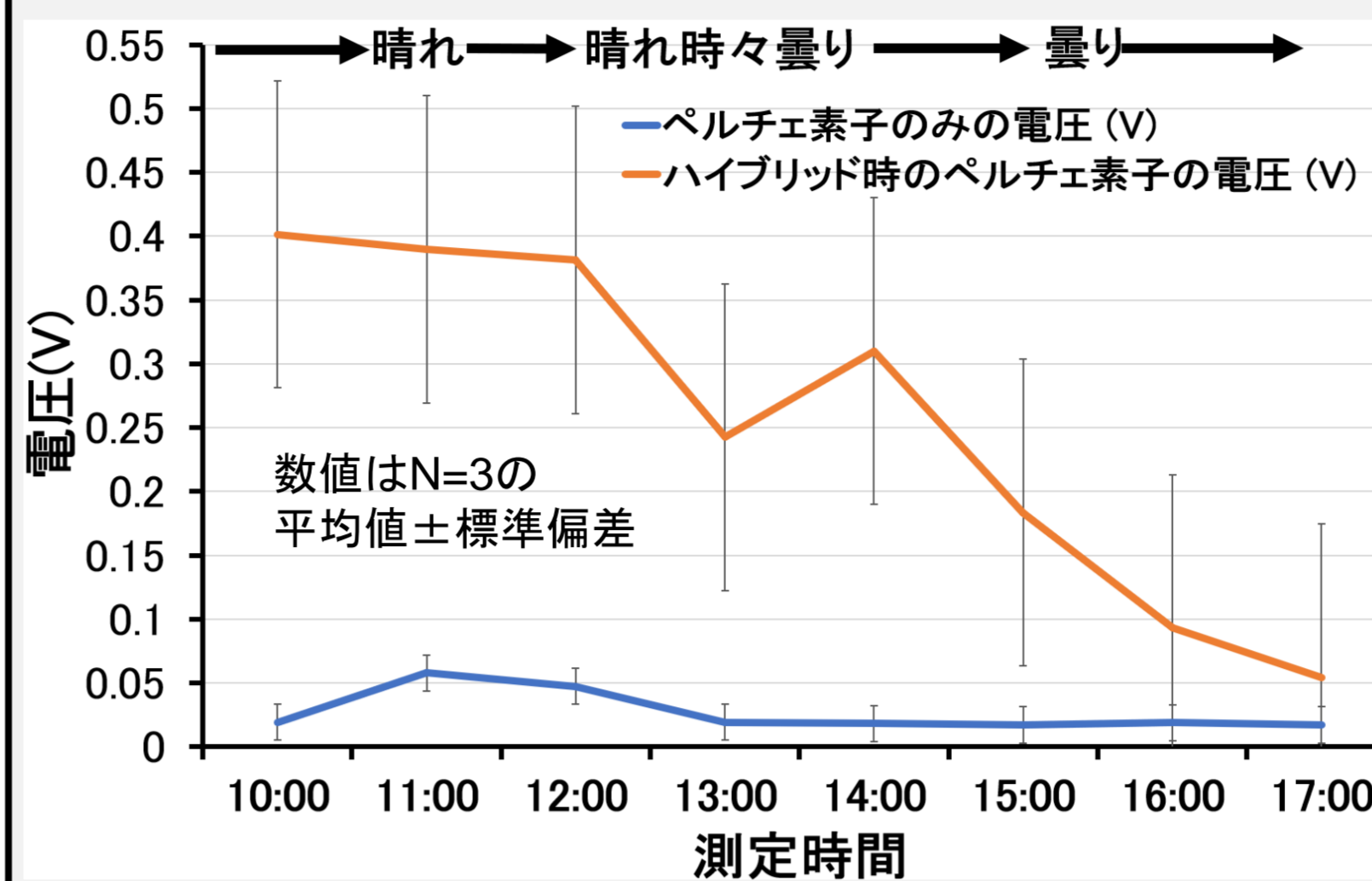


図7-ペルチェ素子の電圧の比較

ハイブリッドの電圧：0.27V (±0.13)
ペルチェ素子のみ電圧：0.03V (±0.02)

ハイブリッド発電 VS 太陽光パネルのみ発電

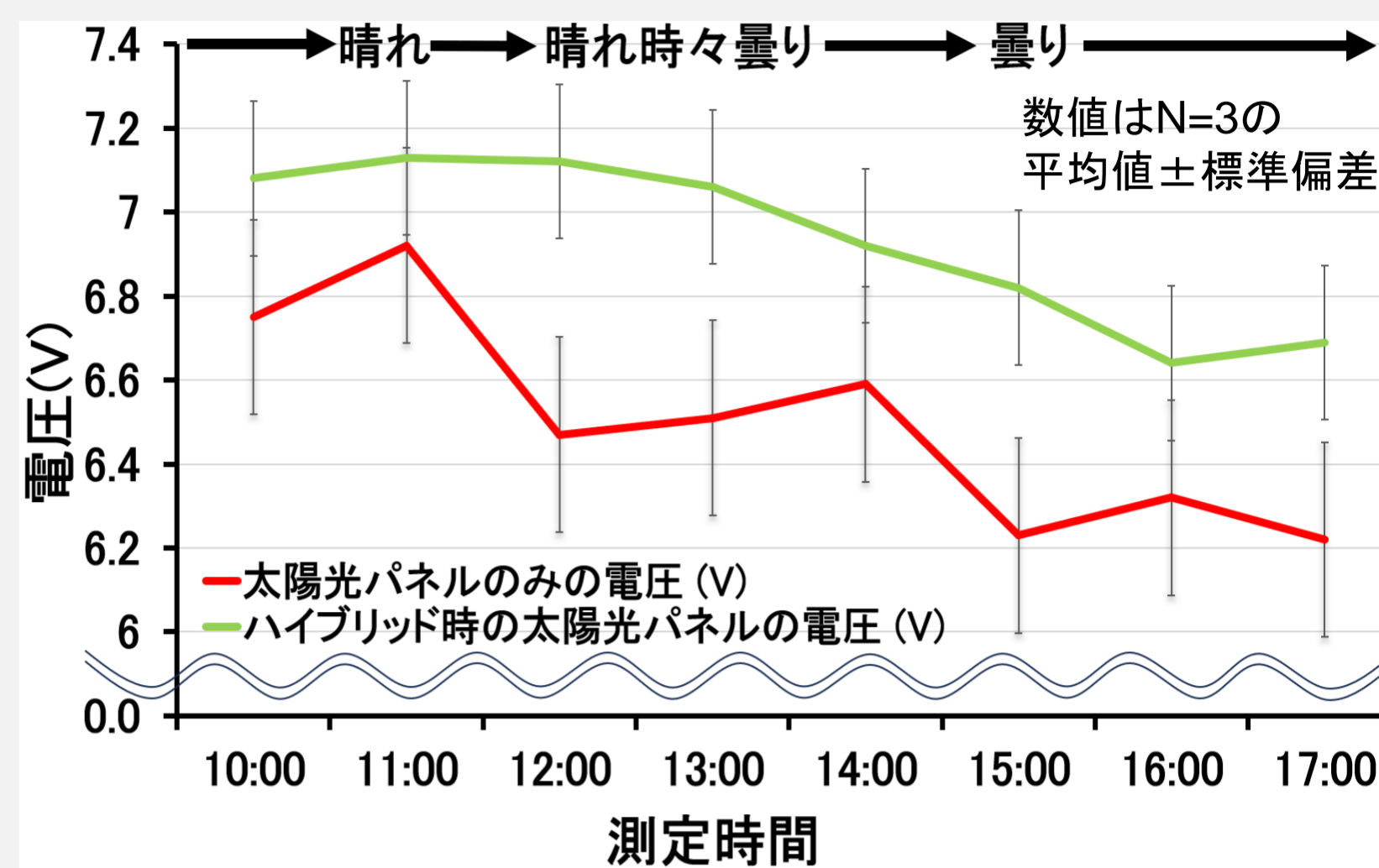


図8-太陽光パネルの電圧の比較

ハイブリッドの電圧：6.93V (±0.18)
太陽光パネルのみ電圧：6.50V (±0.23)

研究目的 ①太陽光を直接ペルチェ素子に利用、②太陽光パネルの余熱をペルチェ素子に利用して効率的な発電を目指す

先行研究

ペルチェ素子を用いた発電は、太陽熱、地熱、温泉熱などの熱源を利用した研究が進められている(4)(5)

太陽光、太陽光パネルの余熱とペルチェ素子を融合した研究はない

オリジナリティ 太陽光パネルとペルチェ素子を組み合わせ、それぞれの利点欠点を補いつつ発電効率を検証する

研究① ペルチェ素子が温度差で発電するか確かめる

実験方法

ペルチェ素子の片面をお湯で温め、反対面をヒートシンクで冷やして発電量を調べた。

ペルチェ素子サイズ(小・大)+ヒートシンクサイズ(小・大)を組み合わせ、実験し、発電量を比較した。

- 温度差(最低9.7℃)で発電することを確認した。
- 温度差が大きいほど発電量が多かった。
- ペルチェ素子サイズ大×ヒートシンクサイズ大の組合せが最も発電量が多かった(直列を除く)。



図2-実験①湯熱実験

研究② 太陽光を直接使って発電させる

実験方法

フレネルレンズで太陽光を集光し、ペルチェ素子の片面を温め、反対面をヒートシンクで冷やして発電量を調べた。

- 太陽光を集光することで温度が最高140.1℃まで高まり、ヒートシンクとの差で温度差123.8℃が発生した。
- この温度差をつくるのに30秒程度の時間を要し、予想よりも短時間だった。
- この温度差によって最大2.85Vの電圧が生産された。



図3-実験②太陽光集光実験

研究③ 太陽光パネルの余熱を使って発電させる (方法)

実験方法 下の写真・図のような独自の装置を開発・設計・製造した太陽光パネルにペルチェ素子とヒートシンクを取り付け、ヒートシンクで太陽光パネルとペルチェ素子を冷やした(以下、ハイブリッドと呼ぶ)。

比較対象として、ペルチェ素子のみと太陽光パネルのみも実験に用いた。三パターンにおけるペルチェ素子や太陽光パネルの電圧、電流を調べる。

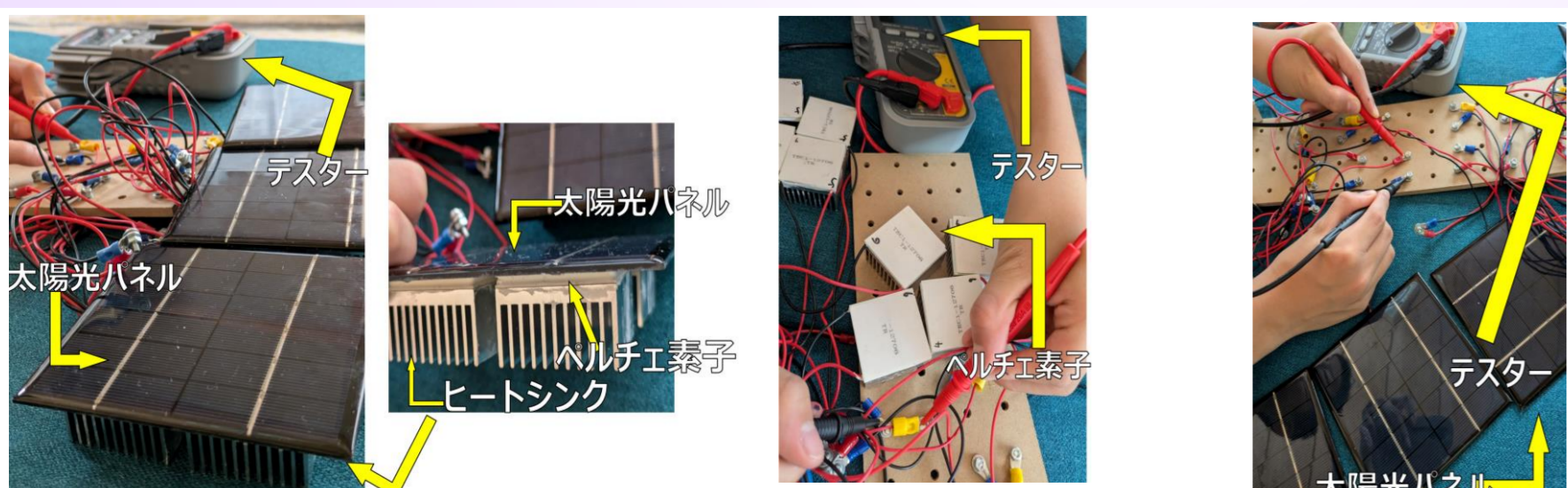


図4-ハイブリッド

図5-ペルチェ素子のみ

図6-太陽光パネルのみ

仮説① 太陽光パネルの温度上昇が抑えられ、発電量が多くなる。

仮説② ペルチェ素子の上下面の温度差で発電する。

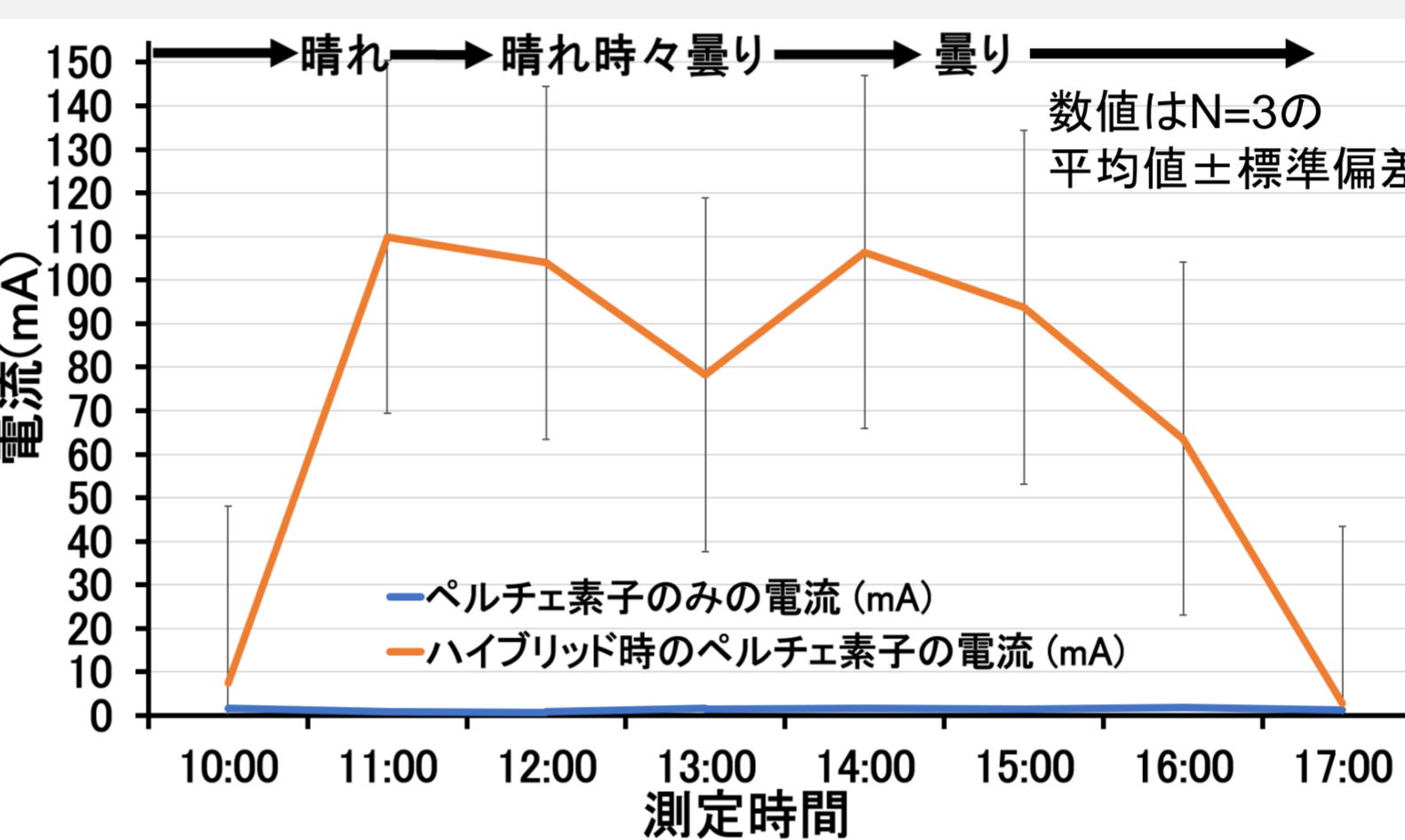


図9-ペルチェ素子の電流の比較

ハイブリッドの電流：70.78mA (±40.56)
ペルチェ素子のみ電流：1.43mA (±0.33)

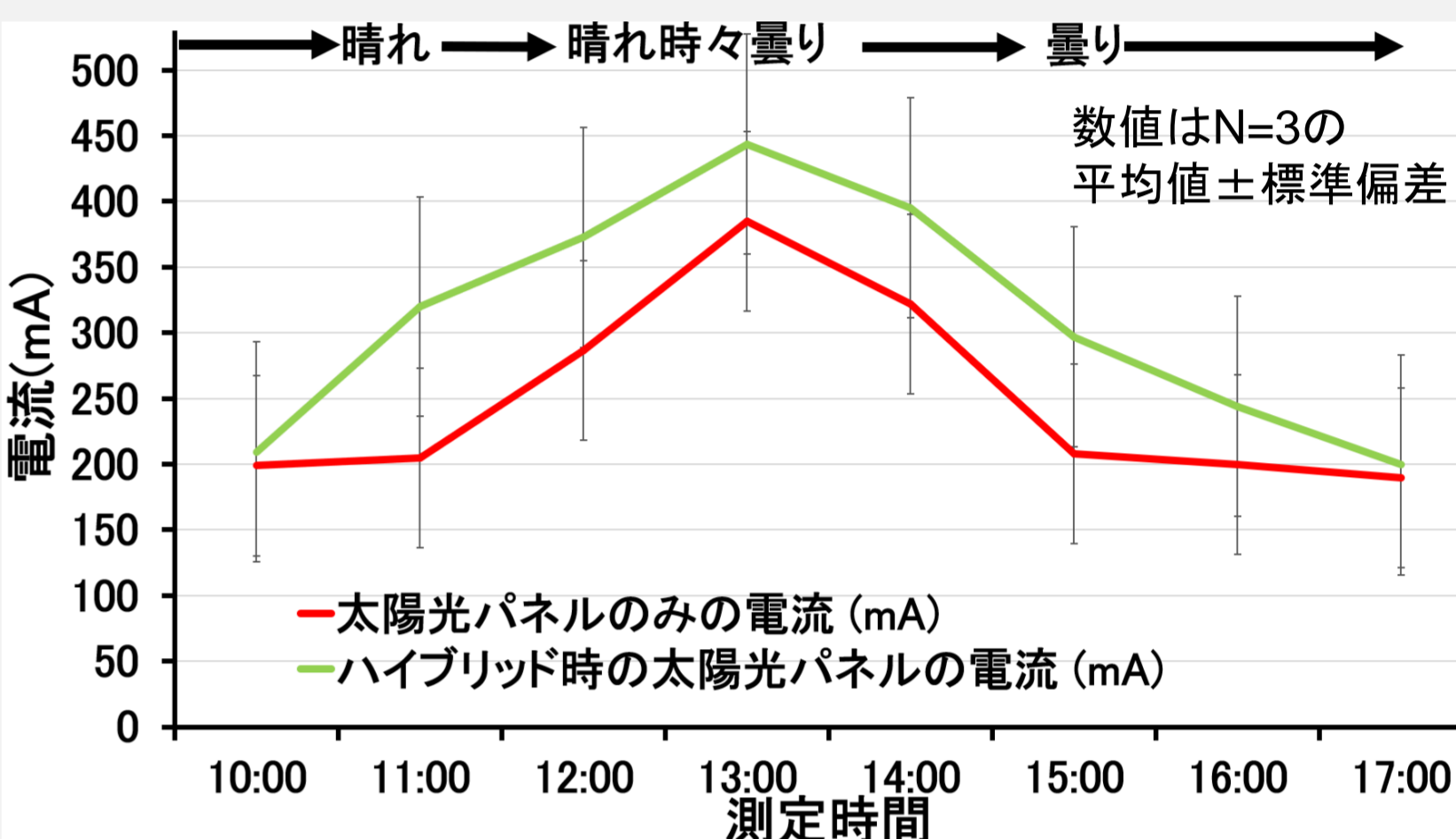


図10-太陽光パネルの電流の比較

ハイブリッドの電流：310.1mA (±83.68)
太陽光パネルのみ電流：249.12mA (±68.36)

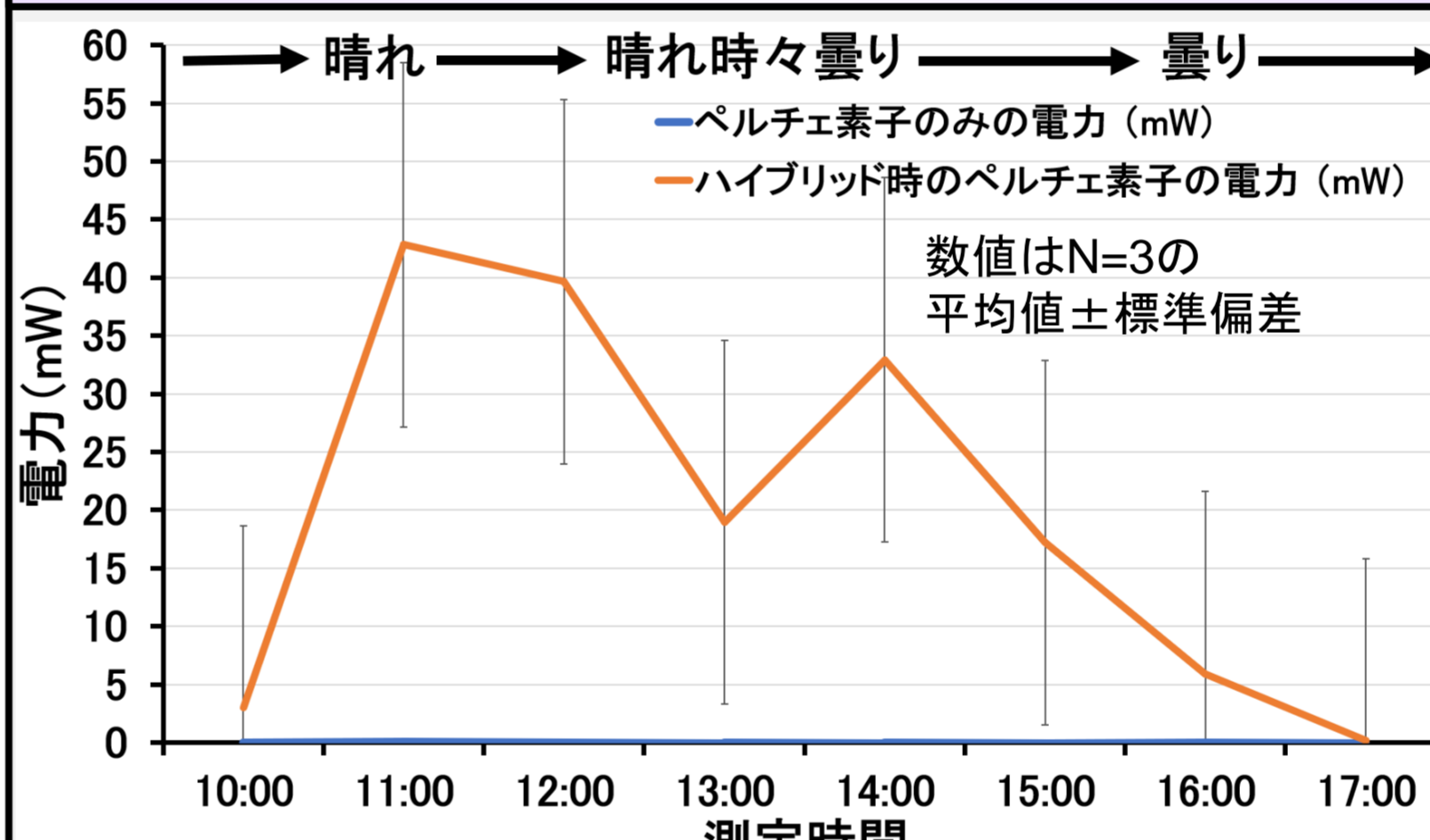


図11-ペルチェ素子の電力の比較

ハイブリッドの電力：20.09mW (±15.67)
ペルチェ素子のみ電力：0.03mW (±0.01)

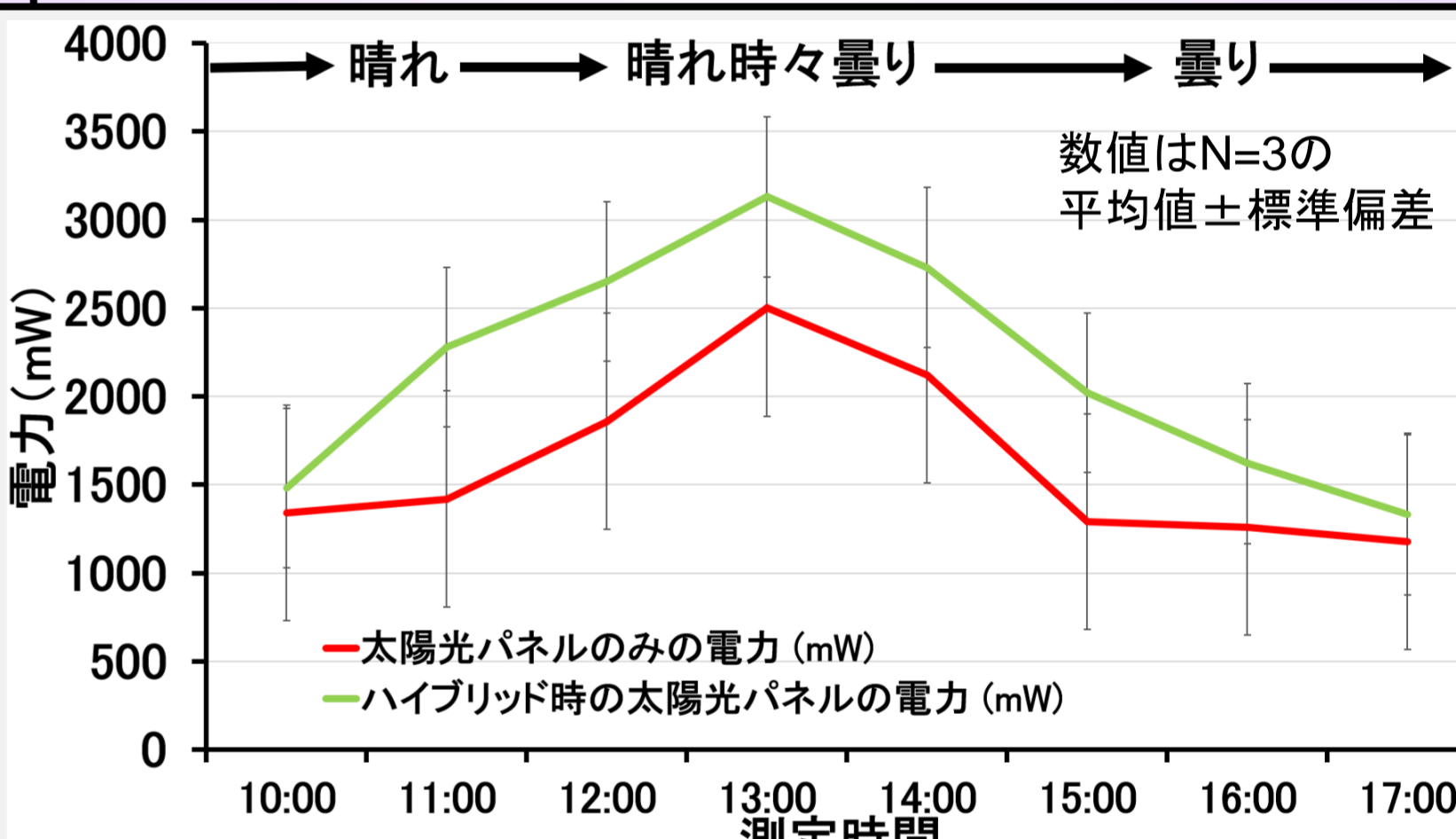


図12-太陽光パネルの電力の比較

ハイブリッドの電力：2155mW (±610.60)
太陽光パネルのみ電力：1621.25mW (±451.73)

- ペルチェ素子単独では限られた電力しか得られず、補助的・限定的な利用が適している。
- 太陽光パネルは、単独でも高い発電量が得られるが、ハイブリッド方式にすることで、さらに電力が増強され、変動の影響が緩和されている点が注目される。
- ハイブリッド発電の方が発電量が多かった。ハイブリッド方式がペルチェ素子や太陽光パネル単独に比べて、電圧、電流、電力すべての面で大幅に優れた発電能力を持っていることが確認された。仮説が正しいことが確認された。ただし、天気の影響を受ける時間帯は、ハイブリッドシステムは単独システムに比べて、天気による変動が大きく見られる。
⇒晴れた日は、ハイブリッド方式によりペルチェ素子と太陽光パネルの両方の装置が効率的に働き、大きな発電量が得られるため、非常に有効であることが示唆された。
- 悪天候や夜間のような太陽エネルギーを利用できない時に、代替の発電方法が求められるなどの課題も認められた。

今後の展望

- 季節ごとに計測回数を増やし、気温による結果への影響を評価する。 →実用化を目指して
- サーモグラフィーを使って熱流を計測する。 →仕組みを科学的に理解することを深めるために
- 冷却システムを改善し、温度差をさらに大きくする工夫を行う。 →発電量の増大を目指して
- ペルチェ素子の種類や大きさを変える。また、他の熱電材料も試す。 →発電量の増大を目指して
- 当面の代替の発電方法として、生ごみの発酵過程で発生する熱を利用して、ペルチェ素子で発電することを試す。 →悪天候や夜間での発電を目指して
- 長期的な目標として、太陽光や有機廃棄物などの自然界にある熱源を有効に利用して、安定的に電力供給を実現する。 →最終的に地球温暖化の解決を目指して

参考文献

- (1) ペルチェ素子とは <https://www.z-max.jp/peltier/about/>, 閲覧日：2024年10月1日
- (2) 今後の再生可能エネルギー政策について, [052_01_00.pdf\(meti.go.jp\)](https://052_01_00.pdf(meti.go.jp)), 閲覧日：2024年7月30日
- (3) モニタリング基礎講座第4回：「太陽電池パネルの温度と発電電力」, <https://www.lapsys.co.jp/column/aboutMonitoring/topics04.html>, 閲覧日：2024年7月30日
- (4) 研究が進むペルチェ素子の効率と発電への応用 <https://blog.rittal.jp/853/> 閲覧日：2024年8月18日
- (5) 熱電素子による温泉発電、兵庫の温泉旅館で実証試験 <https://project.nikkeibp.co.jp/ms/atcl/19/news/00001/03277/?ST=msb> 閲覧日：2024年9月1日