

熱回収型太陽電池の原理検証： 太陽電池のゼーベック効果確認

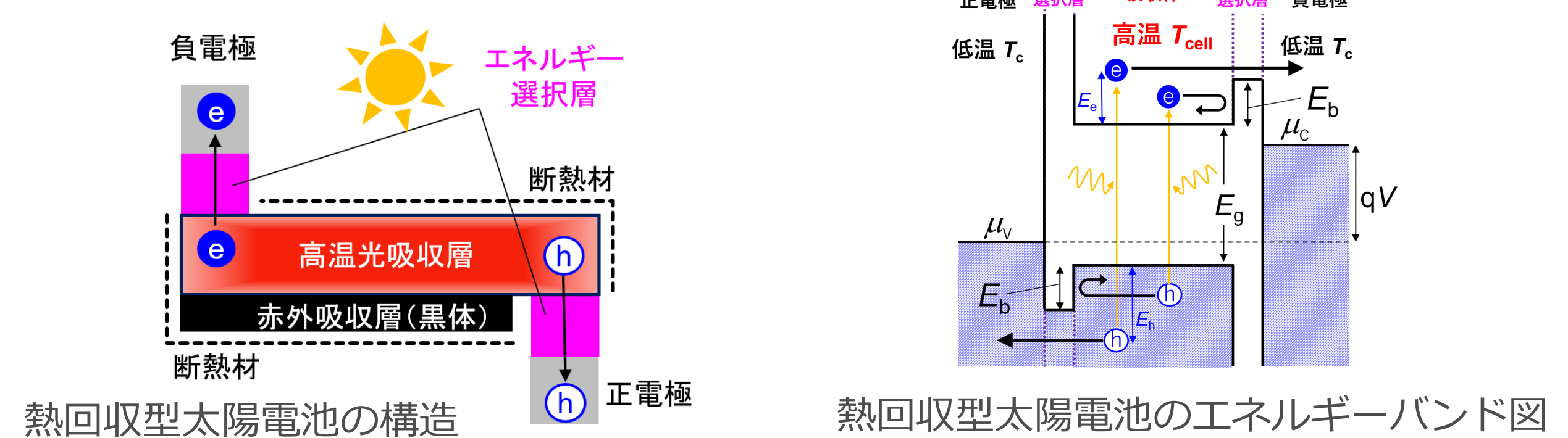
上出 健仁¹、佐久間 惇²、望月 敏光¹、秋山 英文²、高遠 秀尚¹
 1 産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター
 2 東京大学

研究の概要

- 高温時に変換効率が向上する正の温度特性(通常とは逆の特性)を持つ「熱回収型太陽電池」を理論提案している(タイプI=ワイドギャップ半導体利用[1]、タイプII=熱電変換素子利用[2])。
- タイプIIは、これまで理論提案にとどまっていた。熱回収型タイプIの動作原理を検証するため、開放電圧の正の温度係数をもたらす太陽電池の熱起電力効果(ゼーベック効果)を実験的に評価した[3,4]。

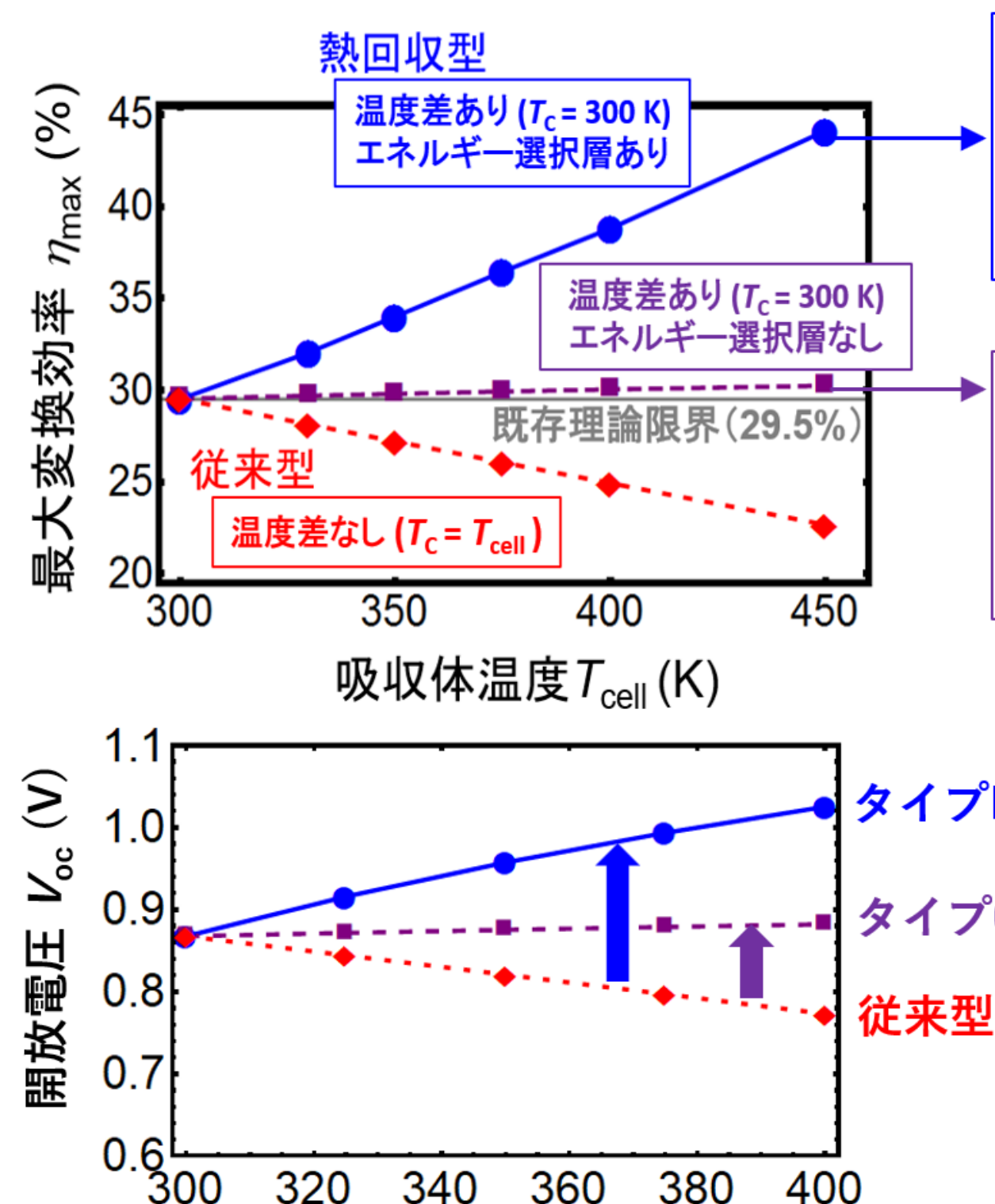
熱回収型太陽電池の原理 [1]

構造: 電極(室温)と光吸収体(高温)の間に、取り出せる電荷のエネルギーを選択するエネルギー選択層(ESC)を有する
 効果: 光起電力に加え、吸収体が高温になるとエネルギー選択層(ESC)の熱起電力により電圧が上昇(熱起電力が吸収体内部の電圧減少を凌駕する)



検証実験のコンセプトと方法 [3,4]

熱回収型太陽電池の温度特性



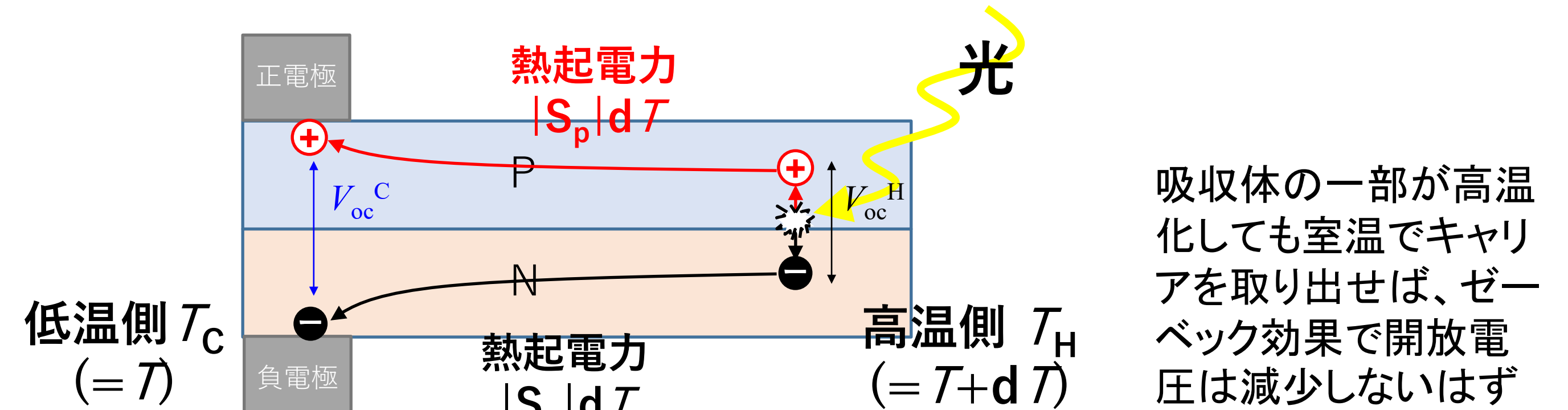
タイプ I ($E'_g > E_g$)
 ... ESCとしてヘテロ構造バリアを用いたヘテロ接合構造

タイプ 0 ($E'_g = E_g$)
 ... ESCに吸収体と同じ半導体材料を用いたホモ接合構造

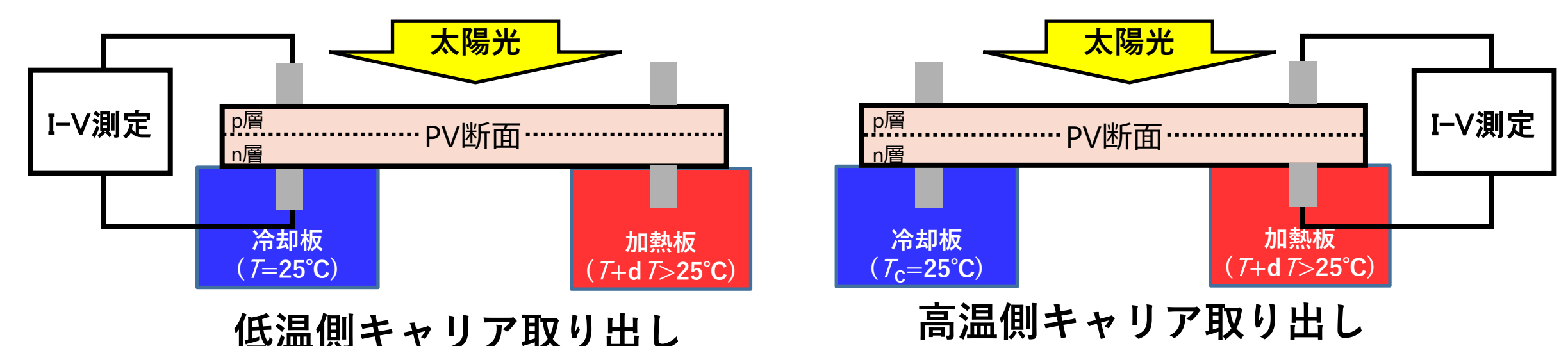
熱回収型の正/非負の温度特性は「半導体の熱起電力(ゼーベック効果)」による。

この熱起力を実験で検証

タイプ0(温度勾配をもつ通常の太陽電池)による実験の原理



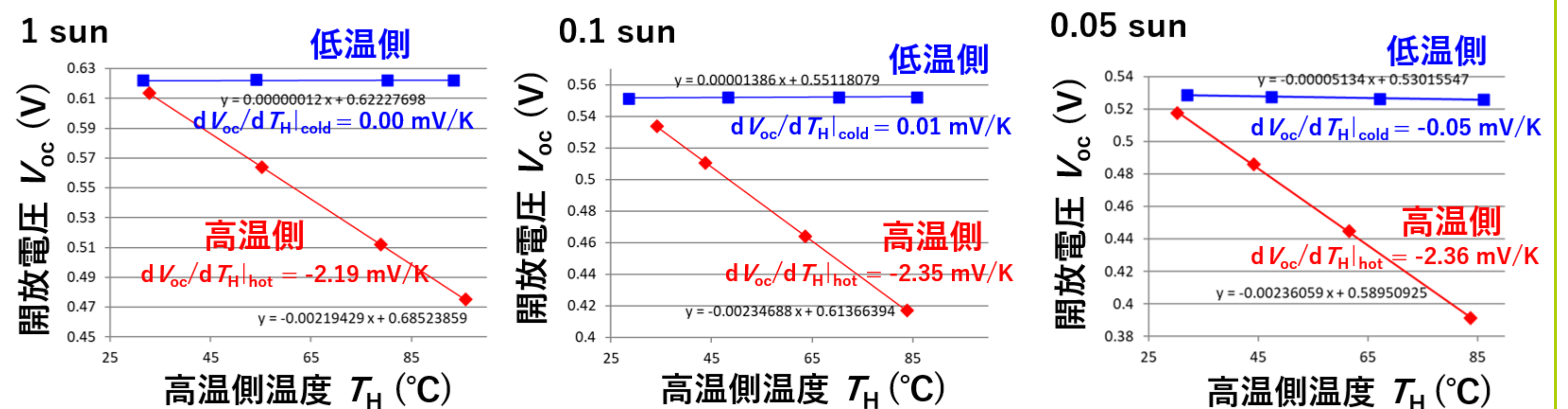
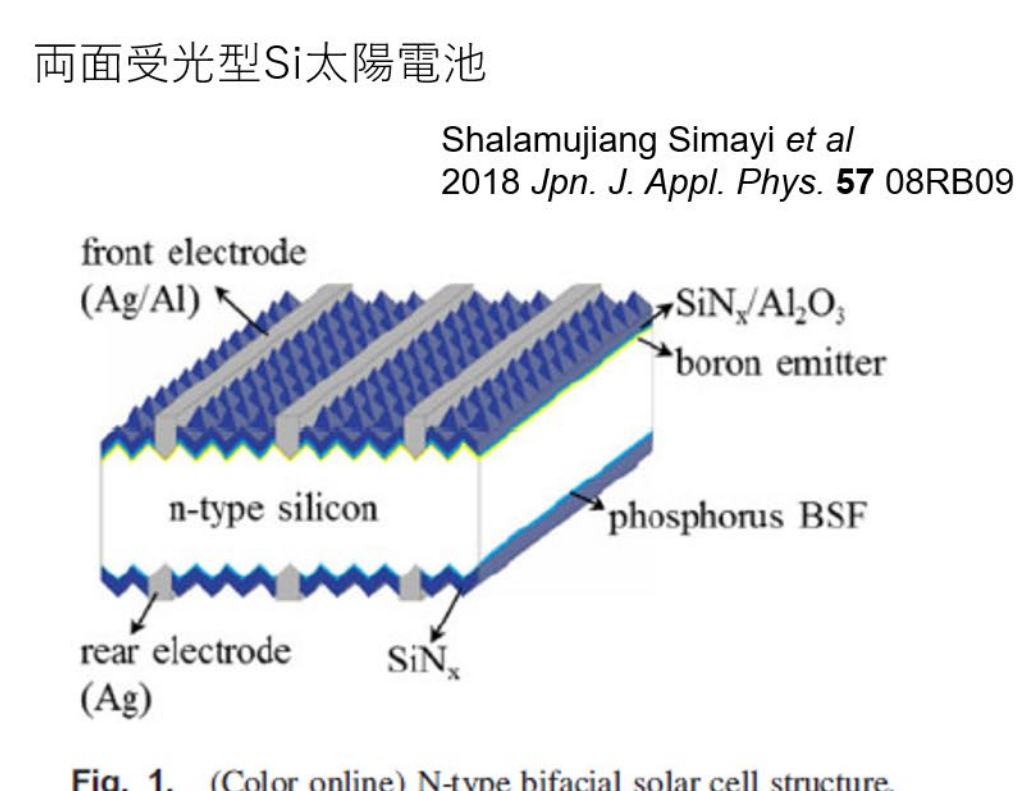
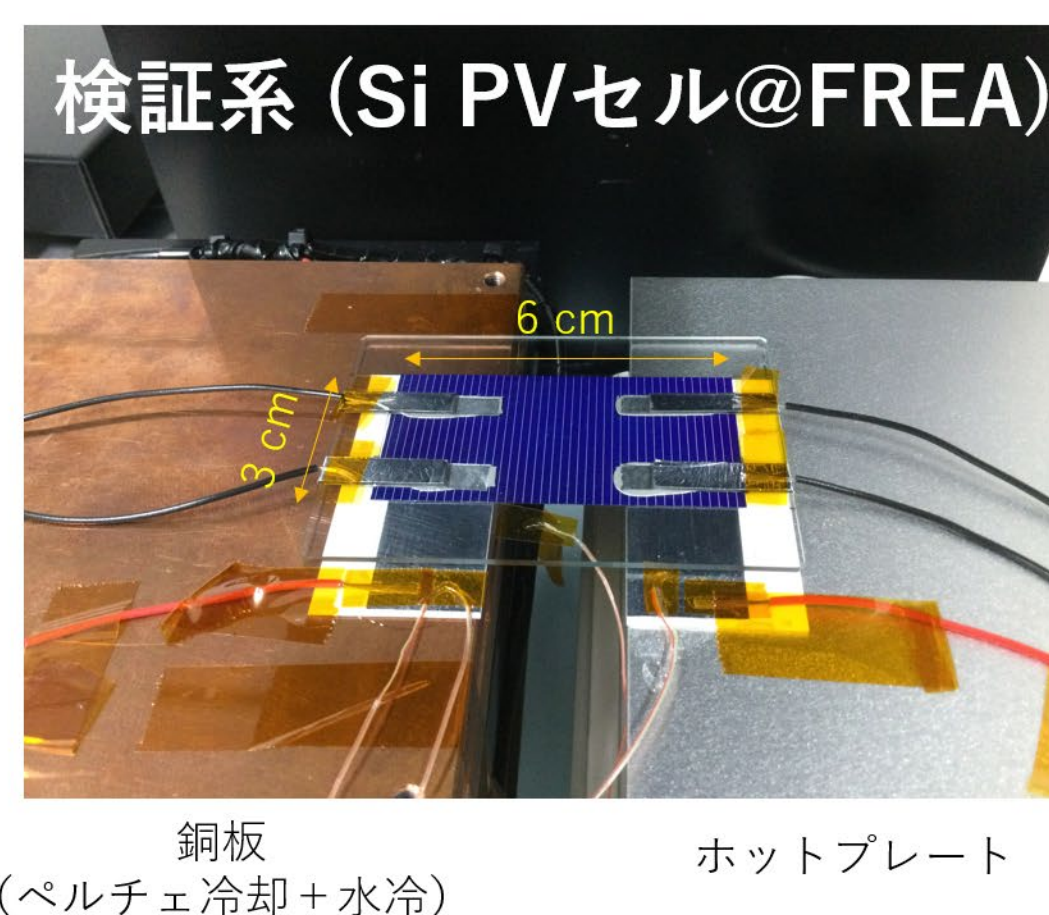
低温側キャリア取り出しでの開放電圧の温度係数 (dV_{oc}/dT_{cold}) と高温側キャリア取り出しの開放電圧の温度係数 (dV_{oc}/dT_{hot}) の差分からゼーベック効果の影響を抽出する。



検証実験と結果 [4]

結晶シリコン太陽電池(両面受光型[5])を用いてタイプ0の検証用デバイスを作成し、低温側(=室温に固定)と高温側での開放電圧の温度係数測定を実施した。さらに、面内抵抗の影響を排除するため照度を下げた実験や詳細な理論解析を合わせて行い、太陽電池のゼーベック効果を評価した。

結果) どの照度においても、高温側キャリア取り出しの負の温度係数に対し、低温側キャリア取り出しの温度係数がほぼ消失していることを確認。より詳細な理論解析と突き合わせ、太陽電池のゼーベック効果による温度係数の向上が見えていることを確認した。



結論

- 熱回収型太陽電池の動作原理を確認するための検証実験を進めた。タイプ0の検証用デバイスを作成し、開放電圧の温度係数測定を行い、詳細な理論解析と突き合わせることで「熱回収型太陽電池におけるゼーベック効果」を確認した。
- 「従来型太陽電池の負の温度係数は光吸収体自身のゼーベック効果で相殺可能」であることを確認した。

参考文献

- [1] K. Kamide et al., Phys. Rev. Appl. 12, 064001 (2019).
- [2] K. Kamide et al., 38th EU PVSEC, 1BO.16.4, pp. 37-40 (2021).
- [3] 佐久間他、第82回応用物理学会秋季学術講演会 1a-N204-10 (2021).
- [4] 上出他、第69回応用物理学会春季学術講演会 23p-E106-19 (2022).
- [5] S. Simayi et al., Jpn. J. Appl. Phys. 57, 08RB09 (2018).

謝辞

本研究はJSPS科研費 JP19K04523の助成を受けたものです。