

先進農業エネルギー理工学研究部門

<設置期間>

2016年4月1日～2021年3月31日

<構成メンバー>

■東京理科大学

- ・朽津和幸 教授（植物生理学）
- ・鞆達也 教授（光合成）
- ・杉山睦 教授（透明太陽電池、農業用センサー）

■公立諏訪東京理科大学

- ・渡邊康之 教授（農業用太陽電池、光合成測定）
- ・来須孝光 准教授（植物栽培、植物生理学）
- ・松江英明 教授（通信・ネットワーク工学、農業IoT）
- ・山口一弘 講師（画像・信号処理）
- ・松岡隆志 教授（量子情報理論）

■八ヶ岳中央農業実践大学校

- ・奥 久司 客員研究員（実践農業）

■九州大 安達千波矢 研究室（有機光エレクトロニクス）

- ・中野谷一 准教授（農業用有機EL照明）

■株式会社イデアルスター

- ・表研次 客員教授（有機薄膜太陽電池）

■北陸先端科学技術大学院大学

- ・下田達也 客員教授（プリントエレクトロニクス）

1.本部門設立の理念

2100年に世界人口が100億人を突破すると言われる中で、世界的なエネルギー・環境・食糧問題を解決するために、農業市場及び産業構造の変化を予測し、大学の基礎研究として先手を打つことで、新たな価値を世の中に提供する場を構築する。

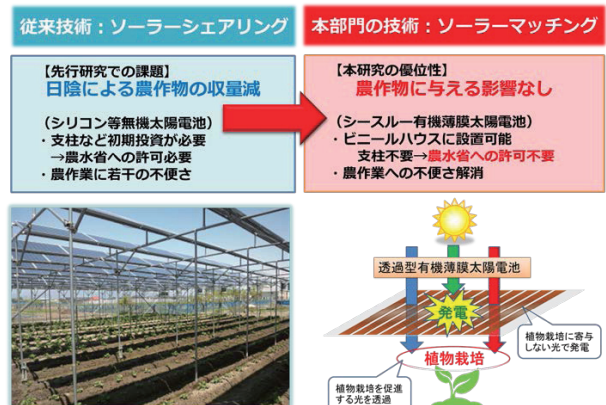
2.ソーラーマッチングを基盤とした革新的な農業工学

農地の上に隙間を開けて太陽光パネルを設置する「ソーラーシェアリング」に注目が集まっているが、図1に示すようにパネルの影による農作物への影響や高い設置コスト等の課題がある。上記課題に対し、農作物栽培に必要な光（青と赤）を透過し、それ以外の光（主に緑）で発電可能な有機薄膜太陽電池を用いた「ソーラーマッチング（農業用OPV）」を提案し、農作物栽培と太陽光発電の両立が可能なことを実証した。今後、本技術を基盤に圃場や太陽光植物工場等の施設園芸における作物の収穫量向上技術を開発するための科学的検証を行う。

本研究部門では、東京理科大学が持つ理工学部の技術と諏訪東京理科大学が持つ農業関連の工学技術を融合させ、「ソーラーマッチング」による農業と発電の両立やIoTの活用による農業の生産性の向上、省力化など「革新的な農業工学」を社会に提供し、日本の農業と産業の進展を図ることを目的とする。

3.目指すべき将来像

東京理科大学の研究戦略中期計画の重点課題として掲げられている農水・食品分野の研究力を強化するために、産学連携プロジェクト等の規模の大型化を進めるとともに事業化を目指す。



(a)農地を利用した太陽光発電技術の従来技術と本部門の提案技術

WiFiメッシュネットワークを活用した作物育成管理システム



(b)農業IoT技術を駆使した農作物の最適な栽培環境制御技術

研究ハイライト 1



光透過型太陽電池を活用した農業IoTソーラーチューニング方法の開発

<得られた研究開発成果>

☑植物栽培と太陽光発電を両立するソーラーチューニング法の開発を達成した。OPVについては、有機発電材料種の選択とモジュール構成の検討で、農作物に必要な光波長と光量を透過するOPVを試作した。

<OPV発電量実測データと曲面シミュレーション解析>

☑OPVの発電量及び透過光の測定結果を基盤とし、ビニールハウスの曲面上への展開を勘案した発電量解析を行った。

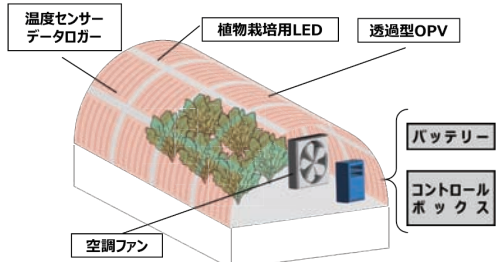
(次ページのスライドで説明)

<技術ノウハウと特筆すべき成果と今後の課題>

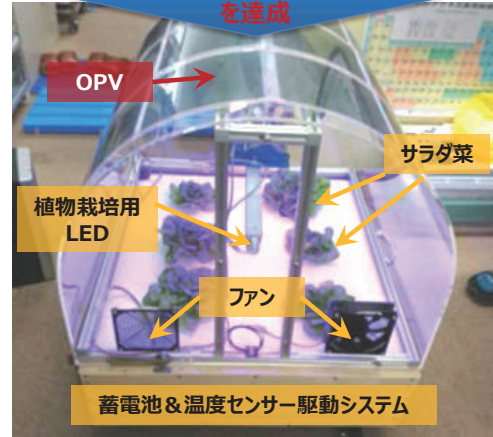
☑OPVの透過光での作物栽培の実証を行うと共に光合成測定等により作物栽培に関する基礎データを得た。

※今後はさらに光合成測定により定量的なデータを構築し、様々な環境下においても発電と農作物を両立するデータを取得する必要がある。

✓晴天> 透過型OPVの電力で蓄電池、空調ファンやセンサー等を動かす
 ✓曇天> 透過型OPVの電力で植物栽培用LED等を動かす



計画通りの仕様を達成



試作したソーラーチューニングボックス



晴天時はOPVで発電しながらサラダ菜を栽培 (蓄電池に充電)



曇天時はOPVで得られた電力でLEDを照射しサラダ菜を栽培

試作した農業IoTソーラーチューニングボックスでの植物栽培実証

研究ハイライト 2

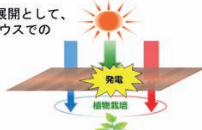
光透過型有機薄膜太陽電池の開発に向けたバッファ材料の検討



◎本研究では、ホールバッファ材料であるPEDOT:PSSの代替として酸化物半導体(NiOx, MoO3)を導入し、OPVの発電特性に対しての有効性を検証した

研究背景

有機薄膜太陽電池(OPV)の展開として、光透過型OPVによる農業ハウスでの利用が目まぐるしい。



有機半導体の持つ光透過性の特長を活かすため、ホール側電極を非加熱成膜でも導電性が高く、有機発電層への低ダメージで成膜可能なIZOを採用した。

現状の素子構造で用いられているホールバッファ層のPEDOT:PSSが強酸性であるため、IZOを劣化させる課題がある。

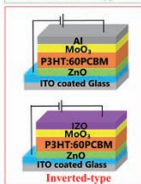
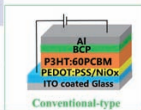
実験

【デバイス構造】 ※Sample番号

- Conventional-type
 - ① Glass/ITO/PEDOT:PSS/P3HT:60PCBM/BCP/Al
 - ② Glass/ITO/NiOx/P3HT:60PCBM/BCP/Al
- Inverted-type
 - ③ Glass/ITO/ZnO/P3HT:60PCBM/MoO3/Al
 - ④ Glass/ITO/ZnO/P3HT:60PCBM/MoO3/IZO

【成膜条件】

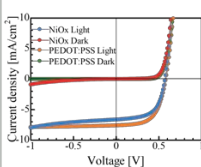
- 有機膜
 - 低分子系...真空蒸着法 (BCP, MoO3)
 - 高分子系...スピノート法 (P3HT, 60PCBM)
- 導電性膜
 - スピノート法 (PEDOT:PSS, ZnO)
- (NiO膜)
 - スパッタリング法...NiO RF-power(200W), Ar及びO2
 - スパッタリング法...IZO DC-power(50W) Ar及びO2; Room Temperature



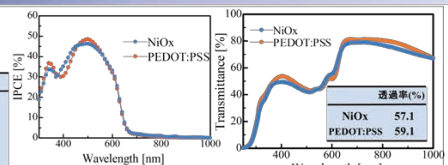
結果・考察

Conventional-type

●NiOxをホールバッファ層に挿入した結果



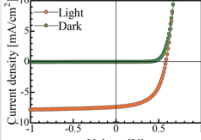
	PEDOT:PSS	NiOx
Jsc(mA/cm ²)	7.60	6.64
Voc(V)	0.58	0.57
FF	0.59	0.60
PCE(%)	2.63	2.29



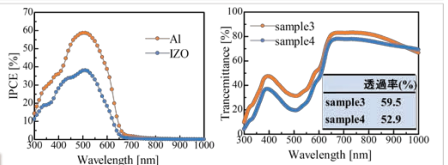
○NiOxを用いたデバイスは、PEDOT:PSSを用いたデバイスと同等の変換効率や透過率の値を示し、代替材料として可能であり更なる最適化が必要であることが確認された。

Inverted-type

●MoO3をホールバッファ層に挿入した結果

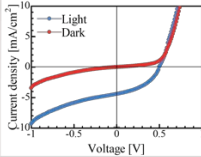


	Al
Jsc(mA/cm ²)	7.42
Voc(V)	0.58
FF	0.55
PCE(%)	2.49



○裏面電極をIZOでsee-throughにした場合でも、発電特性が得られたと同時にsee-throughデバイスの作製が可能であることが確認された。

●IZOを挿入しsee-throughにした結果



	IZO
Jsc(mA/cm ²)	4.42
Voc(V)	0.49
FF	0.43
PCE(%)	0.95

まとめ

- 1) PEDOT:PSSの代替として酸化物半導体材料を導入し発電特性が得られたことにより、see-throughデバイスへの適用が可能となった。
- 2) IZOを裏面電極に採用しsee-throughデバイスの作製に成功した。
- 3) 今後の展開として、Inverted-typeでのNiOxの導入を検討中である。

参考文献

[1]T.Ashida, Y.Shigesato, et al. J. Vac. Sci. Technol. A 25, 1178 (2007).