未来社会創造事業（探索加速型）
「顕在化する社会課題の解決」領域
終了報告書（探索研究）

令和4年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名:家 裕隆]

[大阪大学 産業科学研究所・教授]

[研究開発課題名:発電と農業を融合した太陽光エネルギー有効利用
システムの開発]

実施期間 : 令和4年10月1日～令和7年3月31日

§1. 研究実施体制

(1)「緑色光波長選択型の有機太陽電池」グループ(大阪大学)

① 研究開発代表者:家 裕隆 (大阪大学産業科学研究所、教授)

② 研究項目

- ・緑色光波長選択型の有機太陽電池(OPV)に向けた材料開発
- ・有機太陽電池作製プロセスの迅速最適化
- ・波長選択型 OPV に係る ELSI を抽出し解決するための検討にあたっての視点の明確化

(2)「近赤外光波長選択型の有機太陽電池」グループ(大阪大学)

① 主たる共同研究者:中山 健一 (大阪大学大学院工学研究科、教授)

② 研究項目

- ・近赤外光波長選択型 OPV に向けた材料開発
- ・大規模量子化学計算と機械学習に基づく分子仮想スクリーニング

(3)「農業評価」グループ(公立諏訪東京理科大学)

① 主たる共同研究者:渡邊 康之 (公立諏訪東京理科大学工学部、教授)

② 研究項目

- ・波長選択型 OPV の光合成評価
- ・波長選択型 OPV の農業評価

§2. 研究開発成果の概要

本研究開発では、農業用ハウスにエネルギー創出システム機能を付与することを目的として、『青色と赤色光を農業、光合成への寄与が少ない緑色光と近赤外光を発電』に用いる波長選択型の有機太陽電池(OPV)の創出を行った。OPV はキャリアが正孔のドナーと電子のアクセプターの2種類の有機半導体材料を混合したバルクヘテロ構造膜を発電層に用いる。本研究開発では、緑色光波長選択的、かつ、安価なポリ(3-ヘキシルチオフェン)(P3HT)をドナーとして用いた。一方、アクセプターに関しては、大阪大学で緑色光波長選択性発現に有利な非フラレン型の電子受容性化合物を開発した。具体的には、オリジナル骨格のフッ素化ナフトビスチアジアゾール(FNTz)を含む緑色光波長選択的な新規アクセプターを開発し、モジュール作製に向けて構造最適化を行った。さらに、P3HT とこのアクセプターで構成されるメートルスケールのモジュール作製も行った。近赤外光波長選択的な OPV への応用に向けては、吸収極大が 950 nm 以上、かつ、無色透明性を有する有機半導体材料を見出すことに成功した。また、材料探索のための仮想分子スクリーニングシステムの開発を行い、実際の近赤外光波長選択型 OPV で得られた性能との相関に基づいて高性能分子を探索する手法を確立した。さらに、緑色光波長選択型フィルム透過光が農作物生育に与える影響を検討するため、光合成速度評価を行った。疑似太陽光下に設置した OPV モジュールの透過光が農作物の光合成に必要な光量を選択的に透過し、それ以外の光を発電に利用していることを示唆する結果を得た。農作物評価として波長選択型フィルムを透過する環境下でのトマト栽培を行い、コントロール条件と比較して、トマト栽培への影響が少ないことを示唆する知

見も得た。波長選択型 OPV が生じうる倫理的・法的・社会的課題(ELSI)を抽出して解決するための予備検討も行った。

【代表的な原著論文情報】

- (1) S. Chatterjee, N. Shimohara, T. Seo, S. Jinnai, T. Moriyama, M. Saida, K. Omote, K. Hara, Y. Iimuro, Y. Watanabe, Y. Ie “Green-Light Wavelength-Selective Organic Solar Cells: Module Fabrication and Crop Evaluation towards Agrivoltaics” *Mater. Today Energy*. **45**, 101673 (2024).
- (2) S. Yokoyama, S. Utsunomiya, T. Seo, A. Saeki, Y. Ie “Colorless Near-Infrared Absorbing Dyes Based on B-N Fused Donor-Acceptor-Donor p-Conjugated Molecules for Organic Phototransistors” *Adv. Sci.* 2405656 (2024).
- (3) S. Jinnai, A. Oi, T. Seo, T. Moriyama, M. Terashima, M. Suzuki, K.-i. Nakayama, Y. Watanabe, Y. Ie “Green-Light Wavelength-Selective Organic Solar Cells Based on Poly(3-hexylthiophene) and Naphthobisthiadiazole-Containing Acceptors toward Agrivoltaics” *ACS Sustain. Chem. Eng.* **11**, 1548-1556 (2023).