

2023年3月3日

# **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**

**研究開発代表者**

**大阪大学 産業科学研究所 家 裕隆**

**主たる共同研究者**

**大阪大学 大学院工学研究科 中山健一**

**公立諏訪東京理科大学 機械電気工学科 渡邊康之**

**研究開発参加者**

**大阪大学 社会技術共創研究(ELSI)センター 福田雅樹**

**大阪公立大学 農学研究科 横井修司**

# 将来のビジョン

国土を保全し、エネルギーと食料の両方の持続性を確保

研究開発目標：農業用ハウスに太陽電池の機能を付与したシステム



自然災害に強いエネルギー



環境に優しいエネルギー，土地の有効利用

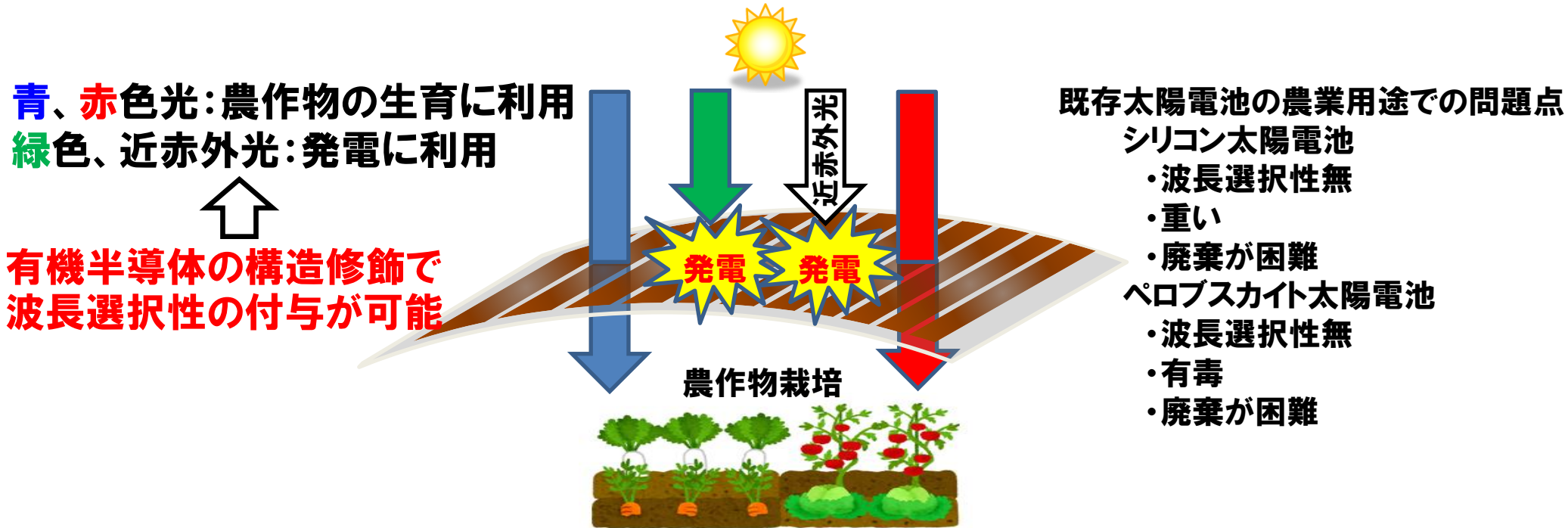


都市農業の実現



# 農業用ハウスに向けた波長選択型の有機太陽電池(OPV)

- ✓ 同一土地における発電と農業の完全両立を実現する技術
- ✓ 再生利用可能エネルギーを活用した地産地消型エネルギーシステム



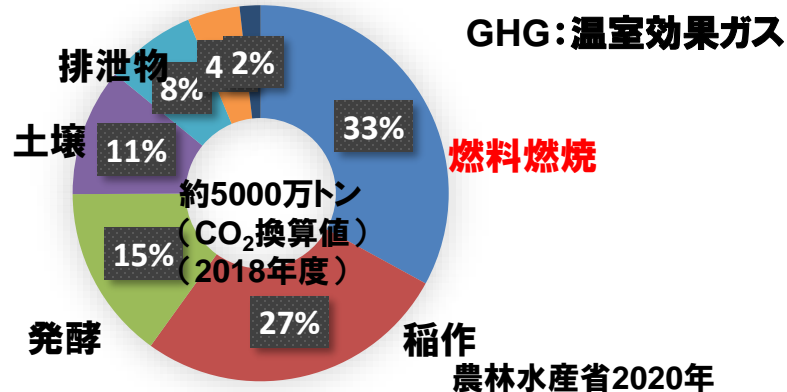
## 波長選択型OPVの特徴

- ・約0.8 kg/m<sup>2</sup>と軽量なので、農業用ハウスに設置可能
- ・発電と農作物生育の波長帯域を分離することで、太陽エネルギーを効率的に利用
- ・透過型で日陰による影響がないため、農地面積が確保可能
- ・波長選択光で農作物の単収がむしろ増加

# 解決すべき社会課題の着眼点とその理由

## エネルギー

国内の農林業分野で**5,000万トン**のGHG排出  
燃料燃焼が約33%を占める



GHG削減に向けた現状の課題  
国内農業のエネルギー源の95%は  
化石燃料(重油、ガソリン、灯油)

- ・化石燃料漬け
- ・農耕地のインフラ設備が脆弱

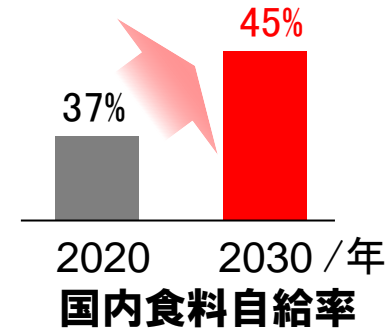


**波長選択型OPVで社会課題の解決に貢献**

- ✓ 農業用ハウスで使用する化石燃料の大幅削減
- ✓ 農作物の収穫量の増加

## 食料

国内の食料自給率は**37%**  
先進国で最低レベル



農林水産省2020年

農林水産分野からの現状の課題

**安定な食料需給の確保**

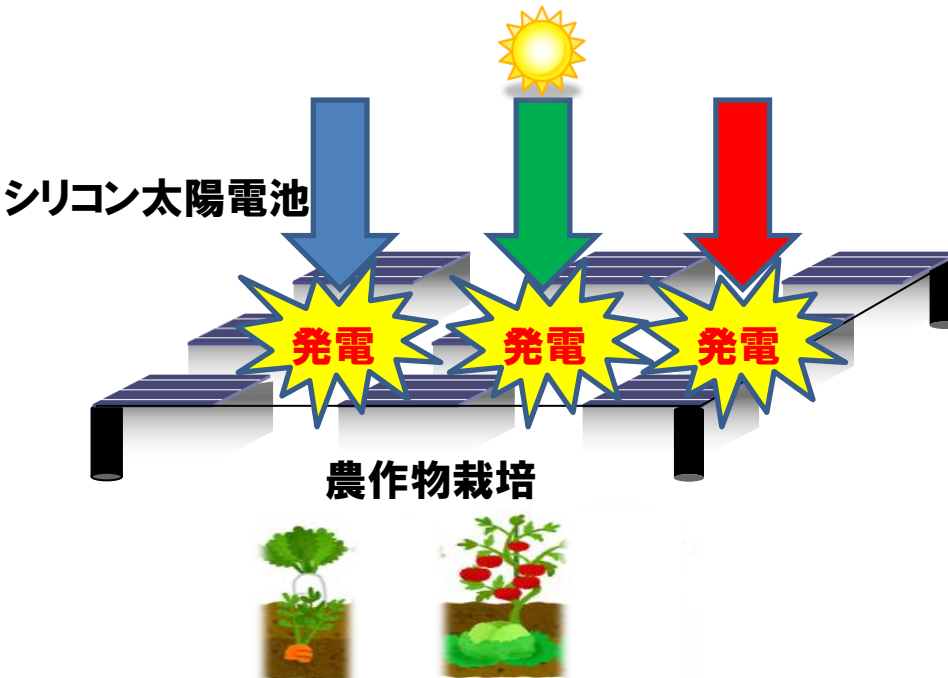
- ・国内の低い食料自給率
- ・農作物輸入リスク





# 本研究の優位性と独自性

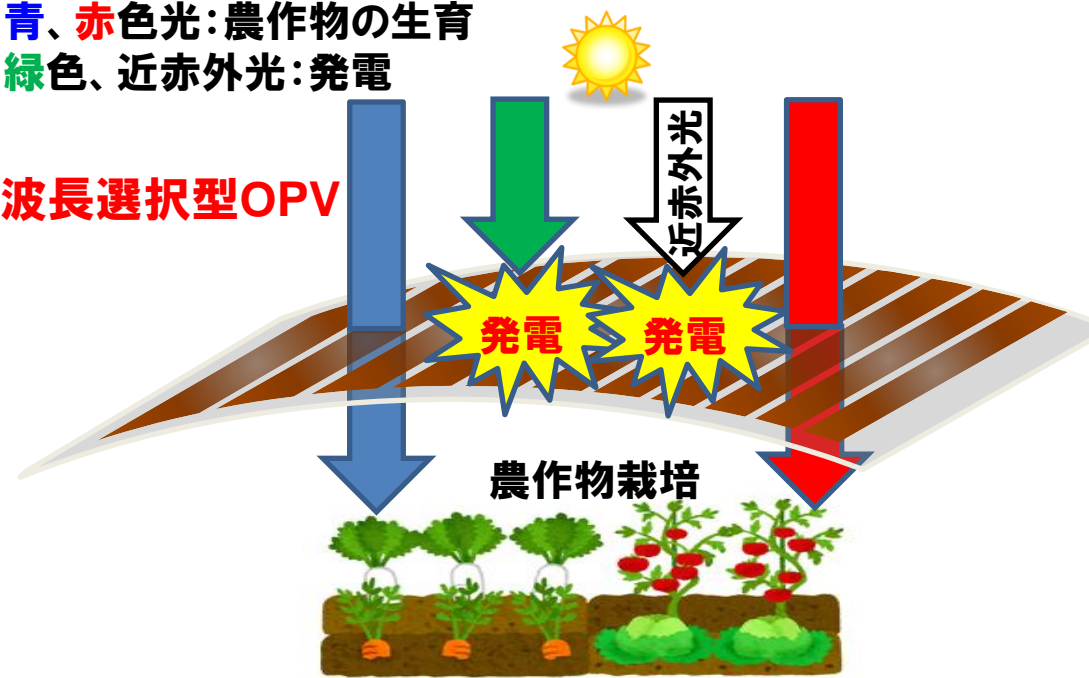
## 従来技術：ソーラーシェアリング



## 独自の技術：ソーラーマッチング

青、赤色光：農作物の生育  
緑色、近赤外光：発電

波長選択型OPV



### ソーラーシェアリングの課題

- |       |   |
|-------|---|
| 土地    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模農地向けの設計思想</li> <li>・都市での導入に不適</li> </ul> |
| エネルギー | <ul style="list-style-type: none"> <li>・売電が中心</li> </ul>                            |
| 農業    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・農地面積が減少、収穫量が減少</li> </ul>                   |

### ソーラーマッチングの優位性

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・農業用ハウスに設置可能</li> <li>・農村と都市のいずれも適用可能</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・農業用ハウスで地産地消(売電も可能)</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・農地面積を確保</li> <li>・都市での導入で農作物の地産地消が可能</li> <li>・波長選択光で単収はむしろ増加</li> <li>・波長を活かした農作物の品種改良が可能</li> </ul> |

# 克服すべき課題と対策

課題：高い発電効率に向けた分子構造の探索

対策：データを活用した効率的な材料開発

## 機械学習用データセットの構築

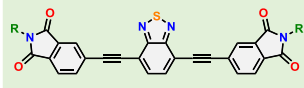


$X_{14}$ : 分子構造対称性

$X_{13}$ : 芳香族/脂肪族比

$X_{12}$ : 原子座標

$X_{11}$ : 導入官能基種別



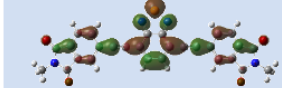
材料の分子構造情報

$X_{24}$ : 光吸収特性

$X_{23}$ : 分子軌道レベル

$X_{22}$ : 双極子モーメント

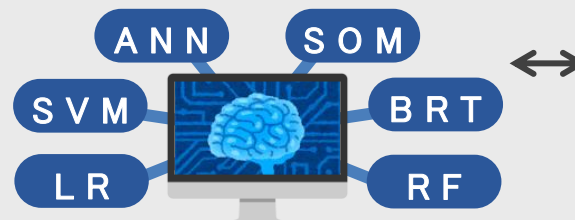
$X_{21}$ : 分子軌道の形状



分子構造から算出

導出

## 実験データの機械学習

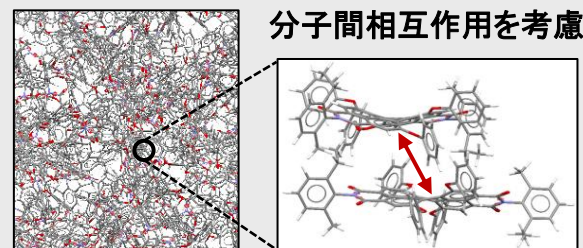


太陽電池特性  
(目的変数)

$Y_1$ : 太陽電池効率

$Y_2$ : 光吸収波長

## 高精度計算データの機械学習



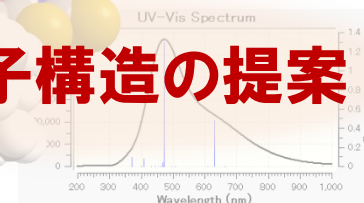
高精度計算データ  
(目的変数)

$Y_1$ : 光電荷分離速度

$Y_2$ : 光吸収波長

相澤(中山G) *Nat. Commun.* (2020)

新規分子構造の提案



実デバイス試作・評価

合成・特性評価

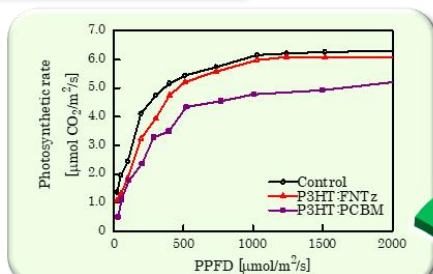
# 克服すべき課題と対策

課題：波長選択型OPVと農作物品種の相関解明

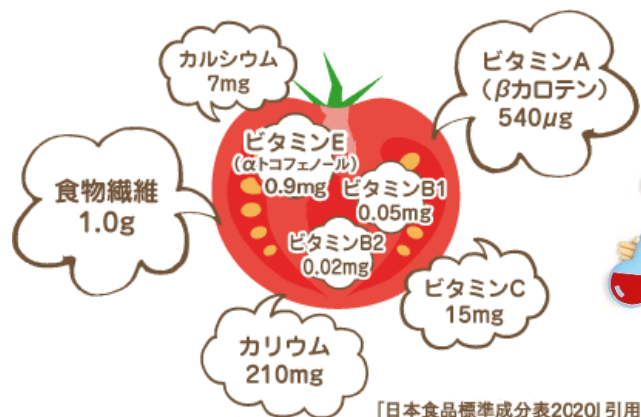
対策：農作物栽培に与える影響の定量的評価と農作物データセットの確立

## 定量的評価とデータの蓄積

### 光合成評価



### 栄養成分の評価

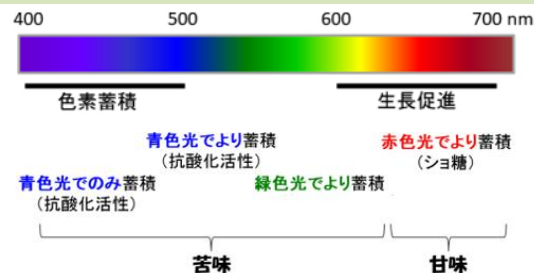


フィードバック

データセットの構築

高付加価値

## 品種の選択とデータの蓄積



RNA-seq



高性能分析

トマト300品種で波長選択型OPVの効果を検証

初期生育、光合成能力、糖代謝など表現型の詳細な解析とデータセット化

波長選択型OPVに適した品種の選択

波長選択型OPVに適した品種改良

データの蓄積と他の農作物への応用

探索研究  
本格研究



# 目指す未来社会への道筋(本提案から得られる成果とそのインパクト)

## ➤ 低環境負荷の太陽電池

### 環境に優しいエネルギー

農地を活用して発電  
(国土面積の12%が農用地)



新たな開墾は不要

### 自然災害に強いエネルギー

迅速に電源復旧



令和元年房総半島台風



災害による破損を  
ジッパー部にとどめる



### 土地の有効利用

へき地でも発電と農業



## ➤ 食料の自給力や競争力の向上

### 食料の安定確保

波長選択型OPVで収穫量増加

ジャガイモ 119%

ほうれん草 117%



公立諏訪東京理科大

### 栄養価の高い農作物生育

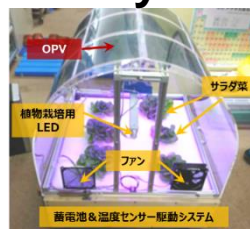
栄養成分向上に向けた品種改良



## ➤ 農業を基盤とする新産業創出

### スマート農業の実現

農業のSociety 5.0と雇用創出



公立諏訪東京理科大

### 都市農業の実現

新しい農業の提案



大阪公立大

### 農業用ハウスで発電

売電で収益増

農地の10%に導入



国内電力量の3割を供給可能