
農業理工学研究部門

2021年度活動サマリー・研究成果・業績リスト

農業理工学研究部門

(部門長)

渡邊康之 教授

(副部門長)

橋元伸晃 教授

(部門研究員)

内海重宜 教授

平田陽一 教授

松岡隆志 教授

王谷洋平 准教授

来須孝光 准教授

上矢恭子 講師

江頭雅之 助教

井上直人 客員教授

下田達也 客員教授

野末はつみ 客員教授

水野 潤 客員教授

湯田坂雅子 客員教授

工藤一浩 客員教授

小林 光 客員教授

農業理工学研究部門 活動サマリー

【1】活動サマリー

本部門では農業生産現場のお困り事を持ち込んでいただき、学術的な研究を基盤とし、工学×AI情報処理で解決やビジネス化まで一緒に取り組む。具体的には「ソーラーチューニング」による農業と発電の両立による農業IoT技術を普及させ、農業生産性向上技術やAI（人工知能）による革新的な農業工学技術を社会に実装する。また、スマート農業に関する農理工学際研究の成果を世界に発信し、今後世界が抱える地球温暖化や人口爆発に起因するエネルギー・環境・食料問題に対して一石を投じることを目的とし研究を遂行する。

具体的には図1の構想図に示すように、ヒトの健康状態をセンシングし、健康を保つための「ビッグデータ」を収集し、それを予防医学的な見地から勘案して、「食医（機能性野菜、薬草）」へと繋げるスキームを形成する。将来的には、日常の健康状態をセンシングして、スマートフォン等にデータ通信し、健康を維持するための食事のメニューを提供するサービスへと展開するモデルをもとに事業化を狙う。これは、農地において何を栽培すればいいかという指針になるばかりでなく付加価値の高い作物を栽培することが可能になることに加え、上記のトータルなサービスへと展開できれば、エネルギー・環境分野等への巨大な市場を形成することが可能である。

下記に本年度得られた研究成果について詳述する。



図1 農業理工学研究部門の研究構想図

【2】 研究開発成果

【PJ-1】 波長変換素子を用いた半透明有機薄膜太陽電池の変換効率向上（渡邊）

近年、地球温暖化の大きな原因の一つとされている化石燃料からの脱却を目指すため、風力、地熱エネルギーと並び、再生可能なエネルギー源として太陽光エネルギーの活用が世界各国で研究されている。我が国では、「太陽光発電を 2030 年までに主要なエネルギーの 1 つに発展させること」を目標に、2004 年に太陽光発電ロードマップ（PV2030）が策定され、さらに 2009 年には「太陽光発電が 2050 年までに CO2 削減の一翼を担う主要技術になり、我が国ばかりでなくグローバルな社会に貢献できること」をコンセプトに、太陽光発電の更なる利用拡大と我が国産業の国際競争力維持を目指してロードマップの見直し（PV2030+）も行われている。

太陽電池は無機系、有機系の 2 種に大別されて研究開発が進められており、中でも、近年の有機薄膜太陽電池（Organic photovoltaics : OPV）の研究分野の発展は目覚ましい。OPV は一般的にフレキシブル性、波長選択性を持たせることができ、さらに低温、低コストプロセスでの量産化が可能であるなど、現在一般的に広く使用されている無機系太陽電池にはない用途での研究、活用が期待されている。現在市場で販売されているモジュールサイズの変換効率では無機系太陽電池に劣るものの、最近の研究ではタンデム型 OPV で変換効率が 20% を超えるといった報告（3）もなされており、変換効率の向上も著しい。

我々は OPV の活用方法として、光合成有効波長の光を透過する OPV による発電と植物栽培を両立させるソーラーマッチング技術について研究を行っている。図 1 に、ソーラーマッチングの概略図を示す。

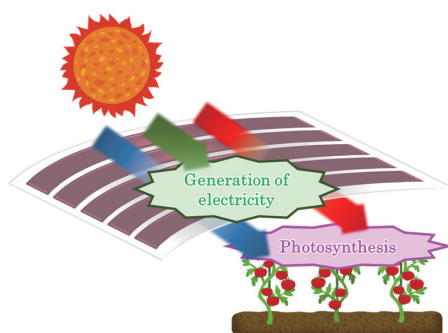


図 1 ソーラーマッチングの概略

Fig. 1. Schematic diagram of Solar Matching.

ソーラーマッチングは図 1 のように、光合成に必要な光を透過する OPV のもとで植物栽培を行うことにより、発電と農業の両立が可能となる技術である。OPV の波長選択性やフレキシブル性を活かし、農業用地への展開を図ることで、太陽光エネルギーのさらなる活用性を見出すことが可能となる。

本研究ではソーラーマッチングに適用可能な波長選択性を有する OPV を作製し、特性を評価することを目的とした。具体的な有機半導体材料として、P3HT、及び波長選択性を有

する FNTz-Teh-FA のバルクヘテロ構造の光電変換層を使用した。さらに、その光電変換層の透過光を用いて光合成測定を行い、OPV の透過光による植物栽培への影響を定量的に評価した。

【PJ-2】有機薄膜太陽電池を用いた高効率オイル産生藻類培養技術開発（渡邊）

カーボンニュートラルな社会の実現のため、石油、石炭などの化石燃料の代替エネルギー資源として、様々なバイオ燃料を開発する研究が世界中で精力的に行われており、中でも微細藻類によるバイオ燃料は食料との資源競合が少なく、トウモロコシなど他の植物由来オイルと比較して耕作面積当たりのオイル生産性が高いため、次世代バイオ燃料として注目されている。藻類は光合成を行うことでオイルを産生するが、太陽光などの強光を照射し続けると、光合成効率低下などの光障害が起こり、生産性が低下するため、強光に対する対策が必要である。

海洋珪藻ソラリス株は、生育期間が7～10日間と生育が速く、継体培養や単菌化が可能であり、産生したオイルの組成も均一であることから、バイオ燃料の生産に適している微細藻類である。

本研究の目的は、光透過型有機薄膜太陽電池（OPV）を用いた遮光によって光障害を防ぎ、ソラリス株の培養と発電を両立させエネルギー収支比（EPR）を向上させることである。高光量 LED ユニットを光源とした OPV 透過光下でソラリス株を培養し、実験室レベルでの珪藻の生育への影響を調査した。OPV の透過率はその素材によって異なり、本研究で使用した OPV の透過率は約 7 % である。屋外培養を行った場合、晴天時の強光であれば遮光によって珪藻の光障害を防止できるが、雨天や曇天などの悪天候時には照射光が不足する恐れがある。そのため、培養実験では弱光の場合の生育への影響に焦点を当てた。

図1に示すように、高光量 LED ユニットであるハイエネライトの下に青色 OPV を設置し、OPV の透過光下の三角フラスコで珪藻を培養した。珪藻の生育への影響を、日ごとの細胞濃度で評価した。細胞濃度はトーマ血球計算盤を用いて目視で細胞数を測定した。

さらに、培養実験で使用した OPV の発電特性評価実験を行った。

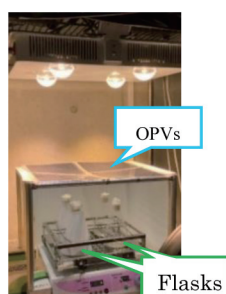


Fig.1. Picture of a culture experiment using OPV

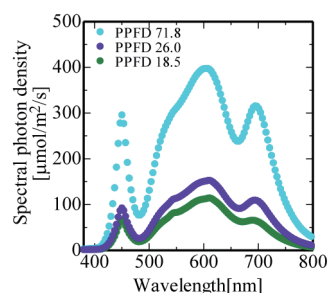


Fig.2. Transmission spectra of OPV

【PJ-3】静電噴霧法を応用した半導体薄膜および有機デバイス作製に関する研究(江頭)

<背景・目的>

従来、光触媒や有機薄膜太陽電池といった半導体薄膜や有機デバイスの成膜には真空を用いた真空蒸着によって行われているが、近年これらを溶液から作るウェットプロセスが注目されている。ウェットプロセスは蒸着とは異なり簡便で大気圧下で作製出来るため、SDGsの観点から環境負荷低減が期待されている。その中でも nm ~ μm オーダーの微小な帯電液滴を放出できる静電噴霧法に着目した。静電噴霧法とは液体に数 kV オーダーの電圧を印加することで、液体から帯電液滴を放出する物理現象である。静電噴霧法の特徴はいくつかあり、そのうちの1つとして図1のように印加電圧によって噴霧形態を変更できることである。さらに図2のように印加電圧や溶液の物性（粘度、表面張力、誘電率、導電率）、装置の構造、流量、電極間距離など様々なパラメータを変化させることで粒度分布も変化することが可能になる。これらを合わせることで薄膜の構造を制御することが可能になる。また液体の粘度を高くすることでエレクトロスピンニングと呼ばれる、液柱が蛇行しファイバーを形成するモードになる。

この技術は産総研などが有機 EL 薄膜を作製したり、透明電極を作製する研究などに用いられており、作製に真空が必要な半導体製造においてブレークスルーになる技術となり得る可能性がある。

そこで本研究の目的は静電気を応用した静電噴霧現象ならびにエレクトロスピンニング現象を用いて農業ハウスに適用可能なシースルー型の半導体薄膜の作製およびファイバーによるフィルムを作製しフレキシブルな半導体用透明電極の作製を目指す。

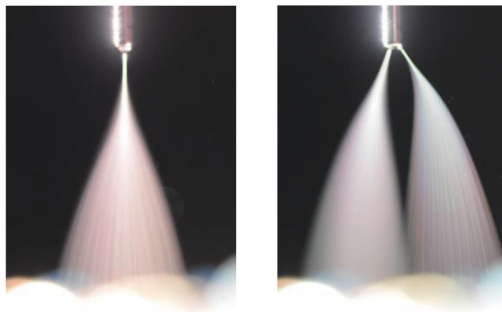


図1 静電噴霧法による噴霧形態の変化
(右) コーンジェットモード
(左) マルチジェットモード

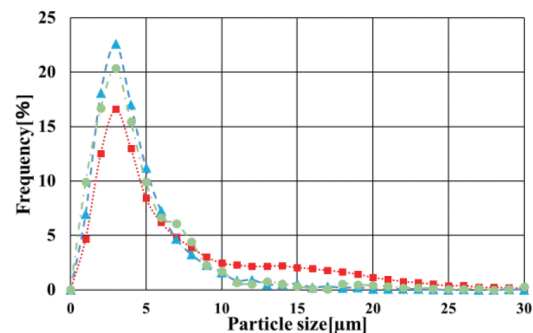


図2 電極間距離を変化させた際の粒度分布

<研究メンバー>

メンバー	役 割
江頭 雅之	噴霧実験、デバイス評価、装置の設計および作製
渡邊 康之	半導体評価、界面などの評価
来須 孝光	植物応答の評価など

<今年度の研究成果>

今年度の研究成果として、静電噴霧装置の設計および作製、そして材料の噴霧を行った。噴霧した材料は有機薄膜太陽電池の光電変換層や光触媒、PVA によるファイバーの形成およびフィルムの作製である。図3は作製した装置の設計図であり図4は静電噴霧装置の概略図、図5は静電噴霧装置の完成図である。今回作製した接地電極はアニールしながら薄膜の形成ができるようマイクロセラミックヒーターが挿入できる溝を形成した。また接地電極は200×200mmの大きさのものと100×100の大きさのものを作製した。この接地電極をアースして接地電極の上部にkVオーダーの電圧を印加した金属製のノズルを配置した。このノズルに対してシリンジポンプを用いて溶液をノズルの先端に供給することで、ノズルの先端にはメニスカスおよび Taylor コーンと呼ばれる円錐が形成され液体の微粒化を行うようになる。この静電噴霧装置を使って有機薄膜太陽電池の光電変換層材料を噴霧した様子を図6に示す。右が型材料のICBAを噴霧した様子であり、左がp型材料であるP3HTを噴霧した様子となる。このとき、ICBAが流量0.8mL/h、P3HTが流量2.5mL/hの速度でノズ

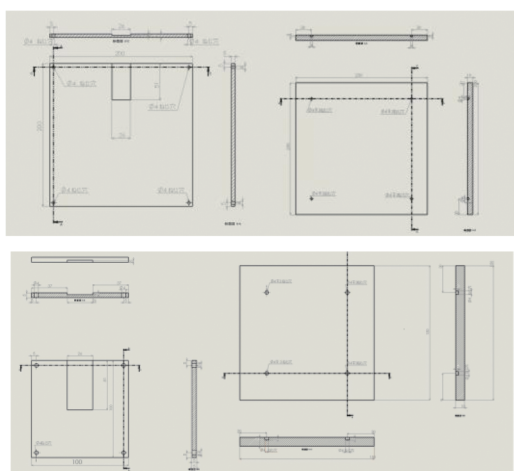


図3 接地電極の設計図

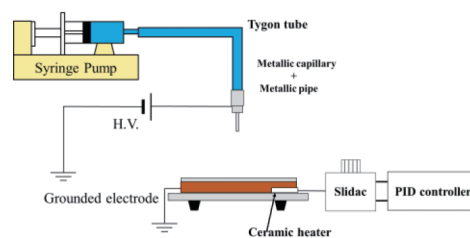


図4 静電噴霧装置の概略図(上)

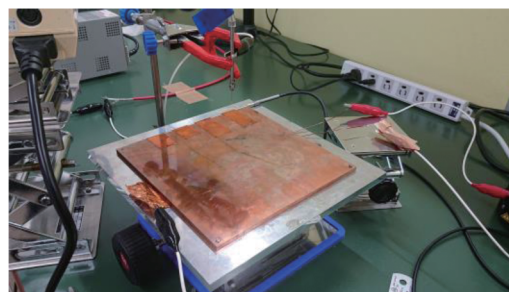


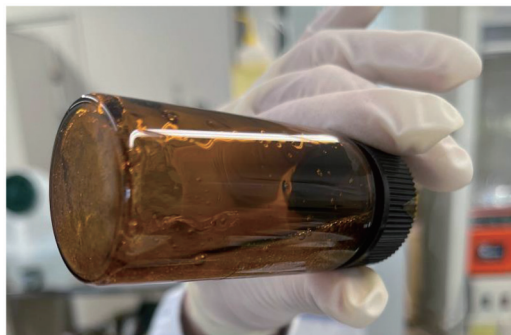
図5 完成した静電噴霧装置の写真(下)



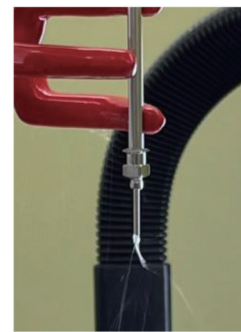
図6 有機薄膜太陽電池の材料を噴霧している様子
(左) ICBA, (右) P3HT

ルの先端に溶液を供給した。さらに、針径が26Gのものを使用し正極の5.5kVを印加することでコーンジェットモードが得られ溶液から帯電液滴を生成することが可能になった。しかし、塗布された溶液が固体にならなかったため成膜出来なかった。今後は溶液や装置を改良していくことでこれを改善し、デバイス化していく。

また、図7のようにPVAと呼ばれる樹脂を純水に溶かし、図8のようにエレクトロスピンニングを用いてファイバーを作製する研究も開始し、PVAファイバーによるフィルムの作製にも成功している。さらに光触媒の噴霧および基板作製にも成功している。今後は静電噴霧法とエレクトロスピンニングを用いて農業に適したデバイス作製や燃料電池といった各種デバイスの作製に関する研究を注力して行う。



(左) 図7 エレクトロスピンニング用PVA溶液



(右) 図8 エレクトロスピンニングの様子

<今後の計画>

2022年度 2022年度はエレクトロスピンニングと静電噴霧法を用いて有機薄膜太陽電池や光触媒といった半導体デバイスや燃料電池電極、エレクトロスピンニングによるフィルム作製を行いフレキシブルな透明電極の作製も行う。

さらにフェムトリアクターと呼ばれる技術を用いてデバイスの作製を行いインパクトの高い研究を行う予定である。

また、この技術を生かして他大学とのデバイス開発など共同研究を推し進める。

【PJ-4】 光合成促進シートをアーチ状に設置した際の透過光スペクトル分析 (平田)

<背景・目的>

現在、太陽光発電と農業の両立といった研究が進められている。最近ではソーラーシェアリングといった形での太陽光発電と農業の両立が行われている。しかし設置費用という点や農作物の育成の妨げにならないような設置方法という点が課題となっている。そこで考えられているのが有機薄膜太陽電池(OPV)を用いた太陽光発電と農業の両立である。

OPVの特徴として薄型で軽量、柔軟性に優れており裏面空間の使用が可能ということが挙げられる。

そこに光合成促進シートを使用することにより、透過光を植物、反射光をOPVの裏面発

電に使用することが考えられた。[1] しかし、光合成促進シートの吸光・蛍光特性に不明な部分が多い。本研究では、光合成促進シートの吸光・蛍光特性を分析し、基礎特性を明確化することにより、有効利用に役立てる。

<研究メンバー>

メンバー	役割
舟橋 和樹	データ測定・分析・解析
吉澤 大聖	データ測定・分析・解析
平田 陽一	分析・解析・総括

<今年度の研究成果>

[実験]

光合成促進シートの特性を分析する際、光合成促進シートがもたらす透過光スペクトルの変化を調べる。光合成促進シートの特性を調べるうえで、透明シートをアーチ状に設置したものを基準とし、光合成促進シートをアーチ状に設置したものと比較した。測定の様子を図1に示す。分光放射照度の測定にはEKO（株）、MS-700を用いた。



図1 分光特性の測定環境

[結果及び考察]

図2に分光放射照度特性を示す。

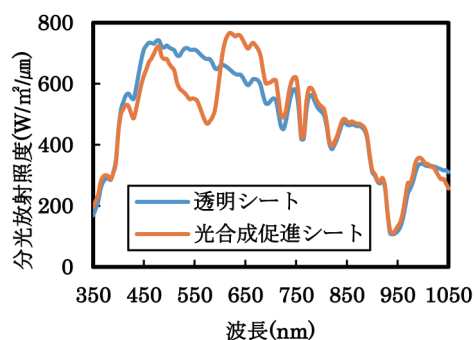


図2 波長に対する分光放射照度特性 (曇天日 2021 5/25 12:00)

吸光および蛍光の算出式を次の式 (1a)、(1b) に示す。

吸光 (Absorption) を Abs (W) とおいた。

$$Abs = \int_{450}^{595} \{Red(\lambda) - Ref(\lambda)\}d\lambda \quad (1a)$$

蛍光 (Fluorescence) を Flu (W) とおいた。

$$Flu = \int_{600}^{750} \{Red(\lambda) - Ref(\lambda)\}d\lambda \quad (1b)$$

但し、透明シートの透過光放射照度分布を、光合成促進シートの透過光放射照度分布を $Red(\lambda)$ とした。上記の吸光、蛍光を用いて、以下の分析を行った。

図 3 (a) (b)、に晴天日、曇天日の日射強度別吸光・蛍光特性をそれぞれ示す。

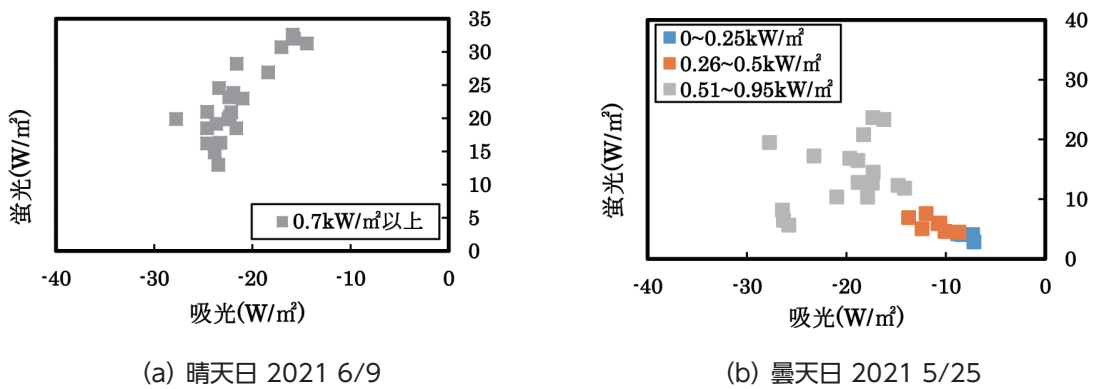


図 3 日射強度別吸光・蛍光特性

図 4 (a)、(b) に晴天日、曇天日の日射強度に対する吸光・蛍光特性をそれぞれ示す。

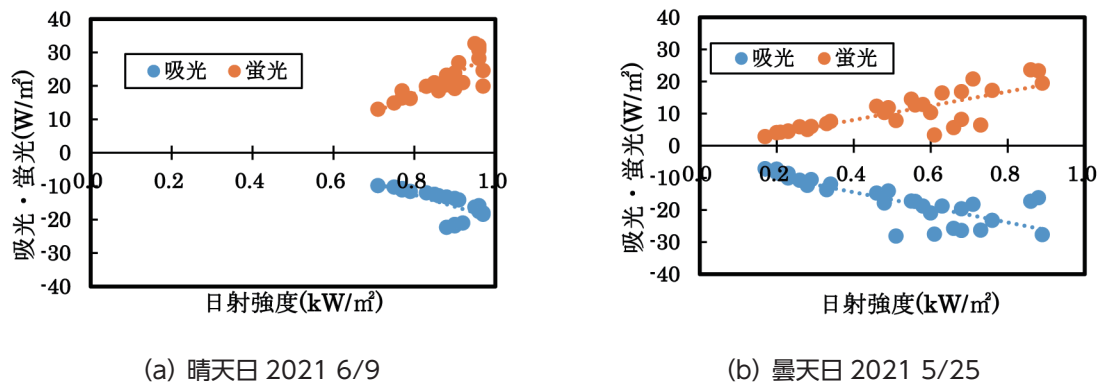


図 4 吸光・蛍光日射強度特性

図3 (a)、(b) より日射強度によってクラス分けを行った。晴天日では日射強度が高い分、吸光に対する蛍光において反比例にばらつきが出てくる傾向が確認できる。一方の曇天日では日射強度にばらつきがあるため低い点では比例関係であるが、高い点では晴天日同様に反比例にばらつく傾向が確認できる。

図4 (a)、(b) より晴天日、曇天日ともに日射強度が大きくなると吸光・蛍光ともに大きくなっていく傾向が確認できる。

また上記にある特性の信頼性を高めるため、疑似太陽光放射機器を用いて屋内実験を行った。この結果としては吸光に対する蛍光の特性、日射強度による特性において、屋外測定結果と同様な特性が得られた。

【結論】

光合成促進シートの使用環境として日射強度が0.6kW/m²を超えたあたりから吸光に対する蛍光の関係にばらつきがみられるが日射強度が大きい方が相対的に蛍光は大きくなるため晴天日で高日射強度の使用が良いといえる。また、高日射強度でのばらつきは温度などの影響により、吸光による蛍光の変換がうまく行われていないことが原因と推測される。

＜今後の計画＞

- 2022年度 ・シートの温度による吸光・蛍光特性の分析
- ・ネット状ピンクシートの透過光測定・分析

【PJ-5】 マイクログリッドシステムの統合制御及びシミュレーション評価 (平田)

＜背景・目的＞

近年、大規模停電により系統全体の調整力が低下し、多くの再生可能エネルギーは火力発電の調整余力が戻るまで、再稼働できない状態に陥った。例として、2018年に発生した北海道地震では、火力発電所をはじめ、風力及び水力発電所の停止によって、およそ3日間にも渡るブラックアウトが発生した。そこで、停電中においても再生可能エネルギーによる電力供給が可能であるマイクログリッドシステムが注目されている。

しかし、マイクログリッドはあまり普及しておらず設計技術が検討段階である。

その理由として主に2点、(1) 導入コストが高い (2) 電源の安定供給の担保が可視化されていないことが挙げられる。

この問題を解決するために、再生可能エネルギーの太陽光発電を用いた直流のマイクログリッドシステムの設計を行い、バッテリーと太陽光パネルの枚数の最適化を多角的評価軸でシミュレーションを行った。

本稿では、各機器とEMS (Energy Management System) を接続し、ModBus、USB、CAN2.0Bによる通信によって統合制御することを目的とする。また、シミュレーションによって導き出されたデータと実際の機器から得られたデータを比較することによって、どの程度確度があるか検証する。この時、天候は晴れ、負荷を縮尺したデータを用いる。

<研究メンバー>

メンバー	役割
濱 健斗	データ測定・分析・解析
白井 琉人	データ測定・分析・解析
北沢 慧太	データ測定・分析・解析
西原 智也	データ測定・分析・解析
渡辺由太郎	データ測定・分析・解析
平田 陽一	分析・解析・総括
安藤 昇	分析・解析・総括

<今年度の研究成果>

[マイクログリッドシステムの構成とモデル]

直流のマイクログリッドシステムの構成を図1に示す。このシステムは48Vのバッテリーの放電端子に負荷、充電端子にパワーコンディショナーと太陽光パネルとして動作する直流太陽電池シミュレーターが接続されたものである。

これらの各機器をEMSと接続し、ModBus、USB、CAN 2.0Bによる通信によって、各機器から出力されるデータをMATLABで収集した。また、収集したデータを基に制御モードを切り替えることで統合制御を行うシステムとした。

シミュレーションはMATLAB/Simulinkでモデルを作成した。モデルと実際の機器はMATLAB/Simulinkにより制御できる前提で状態遷移を定義するものとした。

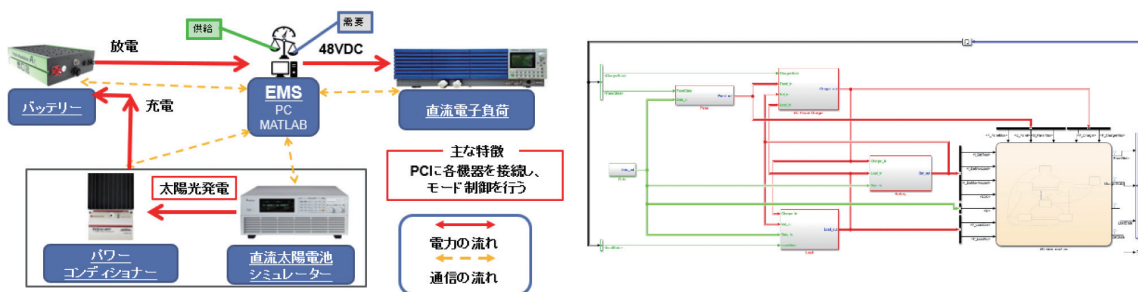


図1 システム構成：物理、モデル

[実験方法]

負荷データ：ある一般家庭(22kWh/day、4人家族、8kWh EV、エコキュート)におけるデータを30秒間隔、24hで測定した。

日射強度と外気温：負荷データと同様に30秒間隔、24hで測定した。

実験に用いた日射強度と外気温は晴天日を使用した。負荷は取得したデータの中から最小なものを負荷装置で処理できるような値(5分の1)に縮尺して実験を行った。

また、安全に実験を行うために制御上の満充電を80%、全放電状態を20%に設定し、実

験時間を2時間（12分の1）、4時間（6分の1）、6時間（4分の1）に縮尺したデータを使用した。この時のバッテリー個数、パネル枚数は「3日間自律運転可能な条件」の天候条件：良（3）からバッテリー個数が1個になるように縮尺したため、バッテリー1個、パネル3枚とした。

【実験結果】

〈1〉 シミュレーションの妥当性評価

各実験データの時間軸を24時間に合わせ、SOC変動を各時間倍（2時間実験は12倍、4時間実験は6倍、6時間実験は4倍）したグラフを図2に示す。

図2より、どの時間の実験も5時まではシミュレーション値と同様なSOC変動をしていることが分かる。しかし、5時以降からシミュレーション値から逸脱していくことが読み取れる。14時に注目するとシミュレーションのSOCが80%に達した際に各実験のSOCが70%にも達していないことから充電に関する物理的要因をシミュレーションに組み込んでいないことが考えられる。

〈2〉 電流値から計算したSOCとの比較

バッテリーの充電特性に原因があるか確かめるためにシミュレーションから得られたSOC、バッテリー電流（実験値）から計算したSOC、CAN通信によって得られたSOCを比較する。この時、実験データは6時間実験を使用した。

図2と同様に時間軸を24時間に合わせ、SOC変動を時間倍したグラフを図3に示す。

図3より、図2と同様に5時まではすべてのSOCが同様な動きをしていることが分かる。また、5時以降の計算したSOCはシミュレーション値と実験値と異なる変動をしていることが分かる。5時という点に注目するとパワーコンディショナーから電力を供給し始める時間であることが分かる。

以上のことから、このような現象は充電と放電を同時に行うことによって、バッテリーSOCに何らかの誤差が生じるのではないかと考えた。また、シミュレーションの精度を高めるためにも現在使用しているバッテリーを詳しく解析する必要がある。

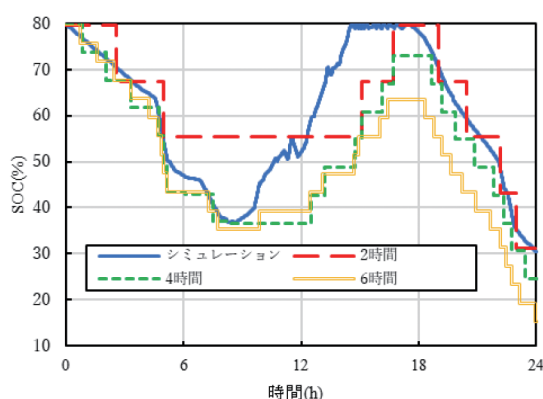


図2 各時間実験とシミュレーション値のSOC比較

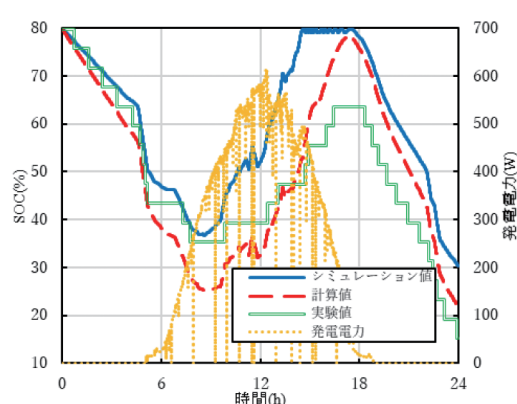


図3 6時間実験とシミュレーション値の比較

【結論】

本稿では、機器と EMS を接続し、ModBus、USB、CAN 2.0B による通信によって各機器を制御することを目的として行った。また、シミュレーションによって導き出されたデータと実際の機器から得られたデータを比較することによって、シミュレーションの妥当性を検証した。その際、天候条件は晴天、負荷条件を 5 分の 1、実験時間を縮尺したデータを用い、各機器を制御することが出来た。しかし、シミュレーション値から逸脱した実験データが取得された。

これはシミュレーションに反映されていない物理現象が原因であると考えられる。必要な物理現象を組み込み、シミュレーション値と実験値が一致することにより、大規模なマイクログリッド / 実験システムを構築する前に確度の高い目途付けが出来るようになる。

今後はより細部の検討に入り、誤差の原因がどこにあるのか検証するために全機器のログを詳しく取り、シミュレーション値と比較することを考えている。その際に、機器とシミュレーションの双方に問題があることを念頭に置く。また、一般的な交流システムに展開し、商用ベースでも実用化がどの程度可能か並行して検討する。

<今後の計画>

- 2022年度
 - ・SOCの実験値と計算値との相違解析
 - ・スマートコンセントの解析と運用

【PJ-6】カーボンナノチューブの近赤外蛍光を用いた植物体内造影（内海）

<研究背景と目的>

近赤外（NIR）光は生体透過性が良いため、生体内造影への応用が期待されている。NIR 蛍光を発する物質は少ないが、単層カーボンナノチューブ（CNT）は NIR 蛍光を発するのに加えて、毒性が低く、生体応用できるものとして注目されている。CNT の NIR 蛍光プローブ研究は動物を対象に行われており、多くの成果が得られているが、植物に対してはほとんど行われていない。他方、CNT は直径 1 nm 程度と小さいことから、植物の細胞壁や細胞膜を通過し、葉緑体や核の内部に移行すると推定されている。本研究では、CNT を NIR 蛍光プローブとして用い、植物体内さらには葉緑体を含めた細胞内器官や物質輸送を造影することを目的とした。

<実験手法>

CNT との相互作用を検討する植物には、商用作物として重要なナス科のモデルであるタバコ苗を用いた。タバコ苗を CNT 分散液に一定期間浸けた後、標本化して顕微鏡観察を行った。

<結果および考察>

CNT 分散液に浸漬したタバコ苗の NIR 蛍光強度から、各部位に CNT 由来の蛍光強度が観測された。

<今後への展望>

本年度の研究から、商用作物の代表であるナス科植物において、CNT が根から吸収され、特定器官へ移行することが、CNT 蛍光観察結果から明らかになった。また CNT の生育毒性は観察されなかった。これらの結果は、CNT 自体の毒性は低く、非破壊診断に利用可能なことを示唆している。

【PJ-7】 可食性、水溶性センサ、エレクトロニクスの研究（橋元）

<活動サマリー>

昨年度来、本研究では“食”の領域に着目し、水溶性を有した可食性高分子材料による導電フィルムを新規に作成し、食品分野での実用化が期待できる無線型水分センサとして機能するのか、その検証を行ってきた。今年度は、RFID に用いられる PET フィルム上に形成された AI コイルを用いて、全フレキシブル材料を用いたセンサの検討を実施した。AI コイルを用いて、LC 並列共振回路を形成し、共振周波数特性の変化から、無線での水分検知を実証することとした。LC 並列共振回路の両端に、抵抗 R 成分となる可食性導電フィルムを挿入し、水分滴下によるフィルムの溶解により R 成分を上昇させることで、共振スペクトルの変化量を測定する。本実験結果から、フィルムの溶解に伴う抵抗値の上昇とともに、共振スペクトルが現れた。これは共振回路に挿入したフィルムの溶解の進行によって抵抗 R が上昇し、共振信号のピークの鋭さを表す Q 値（Quality Factor）が大きくなり、鋭い共振が得られたものと考えられる。研究結果から、フィルムの溶解によって共振スペクトルの変化が得られ、本研究の全フレキシブル材料の構成のセンサにより無線（非接触）で水分が検出できる可能性が示唆された。卒業研究の 4 年生学生が担当。

<本年度研究業績リスト>

（学会発表）実装フェスタ関西 2021 で発表を行った。

<共同研究先／契約形態>

県内食品メーカー NDA 契約

【PJ-8】 瞬時土壌センサの研究（橋元）

<活動サマリー>

（検出原理の探索活動）

検出原理構築に向けて、本年度は、昨年度から継続している金属材料の電磁気センシングについて、低周波電気回解析ソフトウェアとして一般的な JMAG にて、3D 電磁界解析を実施し、材料内部への渦電流分布の広がり金属種によって異なり、センサの高感度化に必要なパラメーターを明らかにした。大学院 MC1 学生が担当。

<本年度研究業績リスト>

(学会発表) 研究結果を表面探傷シンポジウムで発表した。

<共同研究先／契約形態>

県内製造メーカーと共同研究並びに NDA 契約

<その他>

「におい分析装置を用いた、ブランド価値拡大による地域振興適用の研究」
水野客員教授、井上客員教授、上矢講師と、原村農家の方とで進めている、原村産ニンニクに関するブランド構築研究は、今年度コロナ禍の影響で中断中。

【PJ-9】薪ストーブから発生するニオイの測定 (上矢)

<背景・目的>

薪ストーブは、暖房器具としてだけでなく調理等にも使用でき、不規則な炎の揺らめきにより癒しの高価もあると言われ、導入される家庭が増えてきている。木材資源の活用促進の一環として、自治体によっては導入時に補助金が支払われることもある。今日では、化石燃料の高騰により、需要が高まっている。利用者が増加する一方で、煙突から出る煙やニオイの苦情が全国の自治体に寄せられている。本研究では、薪ストーブに投入する薪の組み方の違いにより発生するニオイの違いを実験的に明らかにした。

<研究メンバー>

メンバー	役割
上矢 恭子	研究統括

<今年度の研究成果>

本実験は、薪ストーブ (arada stove Ecoburn Plus9) を用いた。薪ストーブの煙突の先端から、ポンプを用いてガスを採取した。採取したガスはにおい識別装置 ((株) 島津製作所、FF-2A) で測定し、ニオイの強さを示す臭気指数相当値を求めた。温度は、K 型熱電対 (線芯φ 0.32 mm) を用いて、炉内や煙突など合計 19 点で測定した。薪の組み方によるニオイの違いを明らかにするため、組み方 A はランダムに入れ、組み方 B は三角形を積み重ねるように焚付を投入した。着火後に燃焼が落ち着いたら、細木、中木、太木の順に薪を追加した。細木以降は、組み方 A はランダムに、組み方 B は空気の流入を考え、並べるように投入した。着火には、着火剤 (バーナーインターナショナル、6.5 g) 1 個を使用した。

組み方 A と組み方 B のニオイ測定結果は、組み方 A の方が B より、全体的に臭気指数相当値が高くなった。また、組み方 A のバッフル下 (煙突に入る直前の位置) の温度変化が大きいのに対し、B は 300 ~ 400 °C 程度で推移しており、温度変化は小さかった。この

ことから、木材の分解温度程度である 350 ℃程度で推移することで燃焼が緩慢に進み、発生ガスが完全燃焼に近い状態になり、臭気指数相当値が減少したと考えられる。

<今後の計画>

2022年度 木材種類の変更、含水率を変化した際の測定を行い、ニオイの発生が少ない炊き方を検討する。

【PJ-10】色差分解処理技術を活用した植物生長調整剤の研究開発（来須）

<背景・目的>

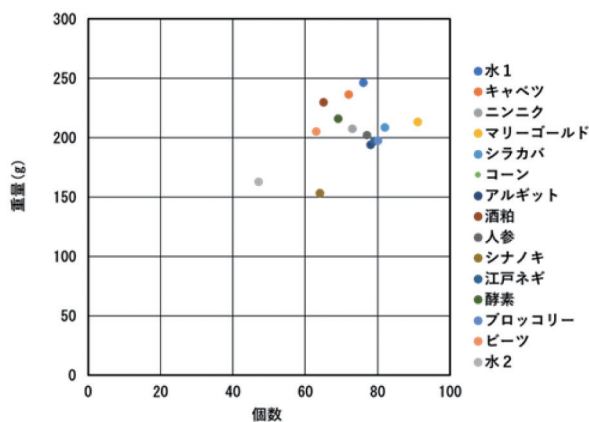
近年、異常気象等により作物の収量や品質低下が問題になっており、農業上の重要な解決課題となっている。色差分解は、加水分解による成分抽出の1つである。比較的短時間で植物組織の分解が進行し、特に細胞壁に含まれる抗酸化成分を含め、各種の有用成分を容易且つ効率的に抽出可能である。本研究では、「色差分解技術」により、作物の未利用部分を分解し、得られた抽出エキスの作物生長調整剤としての有用性を検証した。

<研究メンバー>

メンバー	役割
来須 孝光	色差分解溶液の作物への影響評価

<今年度の研究成果>

13種類の色差分解溶液について、地域農業の重要作物であるトマトの収穫への影響を検証した結果、マリーゴールドを含めた複数の溶液で着果数の増加（図参照）や収穫時期の変動が確認された。



図：収穫されたトマト着果数と重量の相関

<今後の計画>

2022年度 生長調整作用の確認された溶液について、薬効の生理作用点および作用成分の同定を行う

【3】研究業績リスト

査読付き論文

- [1] Investigation of the electron transport layer in semitransparent organic photovoltaic cells using near-infrared light-absorbing materials, Kohei Kuwano, Taiki Okajima, Yasuyuki Watanabe, Masayuki Chikamatsu, Yuji Yoshida, Eiichi Nishikawa, Japanese Journal of Applied Physics 60 (7) 071004-071004 2021年7月1日 査読有り
- [2] Interface electronic structure and valence band dispersion of bis (1,2,5-thiadiazolo)-p-quinobis (1,3-dithiole) on polycrystalline Au electrodes, Yasuo Nakayama, Koji Sudo, Noboru Ohashi, Satoshi Kera, Yasuyuki Watanabe, Electronic Structure 3 (2) 024006-024006 2021年6月1日 査読有り
- [3] K. Maruyama, S. Tanaka, S. Natori, I. Bizen, K. Amemiya, R. Kiyonagi, A. Nakao, K. Moriyama, Y. Ishikawa, Y. Amako, T. Iiyama, R. Futamura, S. Utsumi, Magnetic phase diagram of helimagnetic Ba (Fe_{1-x}Sc_x)₂O₁₉ (0 ≤ x ≤ 0.2) hexagonal ferrite, Journal of Alloys and Compounds, 892, 162125-1-162125-8, (2021) .

査読付き国際会議

- [1] “Renewable energy supply system intended to improve resilience after disasters”, Youichi Hirata; Kent Hama, PVSEC-31 (International Photovoltaic Science and Engineering Conference,2021)

学会発表

- [1] 江頭雅之, 濱将志, 矢澤翔大, 工藤祐輔, 渡邊康之 ” 静電噴霧法を用いた有機薄膜太陽電池の光電変換層作製に関する研究”, 誘電・絶縁材料 / 電子材料合同研究会, 2022年2月10日
- [2] 「マイクログリッドシステムの統合制御及びシミュレーション評価」 濱 健斗, 白井 琉斗, 北沢 慧大, 西原 智也, 渡辺 由太郎, 平田 陽一, 安藤 昇, 2022年電気学会全国大会
- [3] 「独立型マイクログリッドシステムの設計及びシミュレーション評価」 濱 健斗, 白井 琉斗, 北沢 慧大, 西原 智也, 渡辺 由太郎, 平田 陽一, 安藤 昇, 2021年日本太陽エネルギー学会
- [4] 「コーニング制御による風力発電の出力特性最適化」 栢山 英史, 金井 陽亮, 平田 陽一, 幸地 保秀, 2022年電気学会全国大会
- [5] 「光合成促進シートをアーチ状に設置した際の透過光スペクトル分析」 大西 康介, 舟橋 和樹, 吉澤 大聖, 平田 陽一, 渡邊 康之, 2022年電気学会全国大会
- [6] 「負荷・太陽光発電プロファイルを適用したときのバッテリー特性評価」 西原智也, 白井琉斗, 北沢慧大, 濱健斗, 渡辺由太郎, 平田陽一, 2022年電気学会全国大会
- [7] 田中誠也 (発表者), 丸山健一, 内海重宜, 鬼柳亮嗣, 石川喜久, “Ba (Fe_{1-x}Sc_x)₂O₁₉ (x=0.153, T=4 K) の incommensurate ヘリカル磁気構造解析”, 2022年3月8日, 2021年度量子ビームサイエンスフェスタ, オンライン開催 (zoom)

- [8] 丸山健一（発表者），田中誠也，内海重宜，
“六方晶フェライト Ba (Fe_{1-x}Sc_x) 12O₁₉ のアンチフェロ磁気構造”，
2021 年材料技術研究協会討論会，2021 年 12 月 2 日，オンライン開催（zoom）
- [9] 田中誠也（発表者），丸山健一，内海重宜，鬼柳亮嗣
“六方晶フェライト Ba (Fe_{1-x}Sc_x) 12O₁₉ の結晶構造解析と超交換相互作用”，
2021 年 12 月 1 日，日本中性子科学会第 21 回年会，オンライン開催（zoom）
- [10] 丸山健一（発表者），田中誠也，内海重宜，
“六方晶フェライト Ba (Fe_{1-x}Sc_x) 12O₁₉ で発現するヘリカル磁性の回転角に関する研究”，
第 45 回日本磁気学会学術講演会，2021 年 9 月 1 日，オンライン開催（zoom）
- [11] 中島龍希，村田雅巳，橋元伸晃，シール型可食性水分センサの研究，実装フェスタ関西 2021（エレクトロニクス実装学会）オンライン開催，JFKP-050,2021.12.14
- [12] 西澤壮平，中野禪，小松隆史，小木曾久人，三澤綱樹，小口京吾，橋元伸晃，“電磁界解析による渦電流検査時の分析深さの検討”，第 25 回電磁気応用部門・磁粉・浸透・目視部門・漏れ試験部門合同シンポジウム，2022 年 3 月 11 日発表（2022）

講演

- [1] 一般社団法人 日本暖炉ストーブ協会「安全講習会」での招待講演

企業連携

- [1] エプソン、インクジェット印刷による有機薄膜太陽電池の作製
- [2] 長野精工金属株式会社、色差分解処理技術を活用した植物生長調整剤の研究開発

外部資金獲得

- [1] 公益財団法人 高橋産業経済研究財団 研究助成事業、フェムトリアクターを応用した有機薄膜太陽電池用透明電極の作製、江頭雅之、2022/4-2023/3
- [2] 災害による停電を想定しスマートコンセントを活用する再生可能エネルギー復旧システム、国立研究開発法人科学技術振興機構 研究成果展開事業（研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP））
- [3] 2019 年度 基盤研究（C）19K05215