

# グリーンエネルギーのための複合電力技術開拓の研究成果概要

[研究代表者] 雪田和人 (工学部電気学科)  
[共同研究者] 森 竜雄 (工学部電気学科)

## 研究成果の概要

環境に優しいグリーンエネルギーのための新技術開発の「新エネルギー拠点形成プロジェクト：グリーンエネルギーのための複合電力技術開拓」の中間成果報告会を11月16日、愛工大テクノフェア2018の会場となった八草キャンパスで同時開催した。この報告会では、ポスターセッションのほか特別講演とシステム分野と材料分野における代表的な研究について報告した。特に特別講演では、中部電力・電力技術研究所流通グループ長の内田克己氏（本学客員教員：教授）が「中部電力における将来に向けた技術開発とイノベーションへの取り組み」と題して発表用した。この発表では、中部電力で実施している研究内容の一例として、小売電力事業者が需要家側の「創エネ」「省エネ」「蓄エネ」のエネルギーリソース（太陽光、空調機器、蓄電池、EVなど）をIoTの活用で遠隔統合・制御し、一つの発電所のように機能させるVPP（バーチャルパワープラント）の実例について紹介した。

**研究分野：**電力工学，電力系統工学，電気材料

**キーワード：**再生可能エネルギー、スマートグリッド、蓄電池、有機薄膜太陽電池、有機ペロブスカイト太陽電池、低温作製、逆構造

## 1. 研究開始当初の背景

世界経済の急速な発展に伴い21世紀の科学技術に求められてきた地球環境保全、すなわち「低炭素社会の実現」のため、各専門領域を横断した技術開発が実施されつつある。特にライフラインの一つであるエネルギー供給技術に至っては、再生可能エネルギーの利活用に伴う新しい電力システムの制御・運用・解析技術やそれら技術を支える新しい半導体材料の開発の重要性がますます高くなっている。

そこで、愛知工業大学では、永年に亘って培われてきた豊かで安心・安全な社会を創る省・創エネルギー技術の研究開発などをさらに推進するため、太陽光発電技術、蓄電技術、電力変換技術ならびにこれらの統合システムに関する要素技術を研究開発し、グリーンイノベーションに貢献することを旨とする研究を推進してきている。

本プロジェクトは、Comfort and Community Green Grid System (C.C. グリーングリッドシステム) の開発と C.C. グリーングリッドを支えるエネルギーデバイス・材料開発の分野から構成している。

C.C. グリーングリッドシステムの開発は、再生可能エネルギーを利活用し、省エネルギー効率を図る次世代電力システムの開発を目標とし、創エネルギー、蓄電、エネルギーマネジメントシステム (EMS) 技術の各分野に関して研究を実施するものである。

その結果、現在提唱されているスマートグリッドにおける創エネルギー、蓄電、EMS 分野の高度化が期待され、快適性と利便性を失わない社会生活が実施できるエネルギーシステムを開発・提案する。そして、C.C. グリーングリッドの実現には再生可能エネルギーを支える太陽電池技術、蓄電技術、多種多様なセンシング技術やエネルギーハーベスト技術を必要としている。また LED や有機 EL などの省エネ技術の高性能化も必要であるため、エネルギーデバイス・材料開発を中心に研究を推進する。

## 2. 研究の目的

本プロジェクトでは、新エネルギー技術開拓を目指し、再生可能エネルギーによる新エネルギー技術を中心としたグリーングリッドシステムの開発を目的としている。こ

の事業では開学以来培ってきた「環境に優しいエネルギー」による「電気・エネルギー」に関する研究を加速させ、グリーンエネルギーのための複合電力技術を開拓する国際的な拠点大学となることを目指す。さらに本学の教育研究の特色である「ものづくり」に関わる技術の向上と技術者の育成も実施を推進する。

図1に本プロジェクト事業の目標、体制を示す。

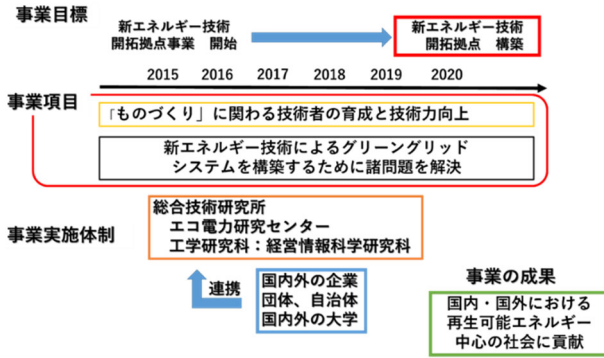


図1. 事業目標, 事業項目, 実施体制図

図2に、エコ電力研究システムが取り組んでいるスマート/マイクログリッドを示す。さらに、図3に、本プロジェクトの開発目標であるグリーングリッドシステムを示す。

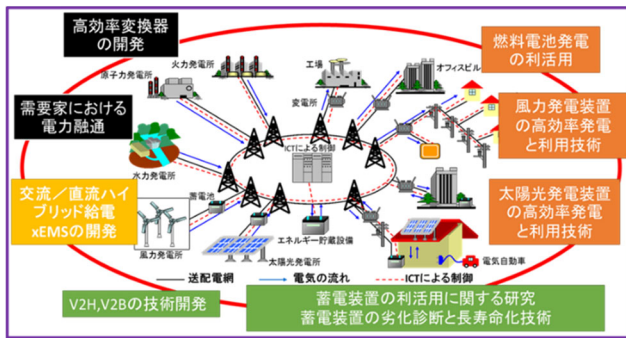


図2. スマート/マイクログリッドの構成図

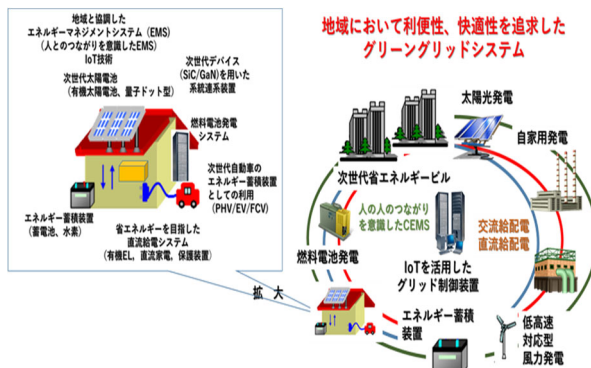


図3. グリーングリッドシステム

### 3. プロジェクト研究参加者

本研究のプロジェクトメンバーを示す。

- ・プロジェクトリーダー

氏名 職名 (所属学科)

雪田 和人 教授 (電気学科)

- ・サブリーダー

氏名 職名 (所属学科)

森 竜雄 教授 (工学研究科)

- ・工学研究科

氏名 職名 (所属学科)

徳田 豊 教授 (電気電子工学専攻)

津田 紀生 教授 (電気電子工学専攻)

鳥井 昭宏 教授 (電気電子工学専攻)

五島 敬史郎 准教授 (電気電子工学専攻)

大澤 善美 教授 (材料化学専攻)

森田 靖 教授 (材料化学専攻)

糸井 弘行 准教授 (材料化学専攻)

北川 一敬 教授 (機械工学専攻)

- ・経営情報科学研究科

氏名 職名 (所属学科)

水野 勝教 教授 (経営情報科学専攻)

- ・エコ電力研究センター

氏名 職名 (所属学科)

徳田 憲昭 客員教授

平松 大典 客員教授

### 4. 研究内容

#### C.C.グリーングリッドシステムの開発

1. 創エネルギー技術 (再生可能エネルギーによる高効率発電)

本プロジェクトでは、再生可能エネルギーによる発電技術として、太陽光発電、風力発電、燃料電池発電技術に注目し、下記に示す内容を実施する。

- 1-1: 太陽光発電装置の高効率発電技術と利用技術

太陽光発電装置は、太陽光の日射に応じて出力変動をするが、急峻な出力変動時においてもシステム全体として効率よく発電するための技術開発を実施する。

- 1-2: 風力発電装置の高効率発電技術と利用技術

風力発電装置は、風速の3乗に比例して発電出力が変化する。そこで、風力発電の風車羽の開発や風の増速や集風

方法の開発を実施する。さらに、発電機の発電効率の増加などを実施する。

### 1-3: 燃料電池発電の利活用

燃料電池は、電気エネルギーと熱エネルギーの両方に供給できるため、現在も期待されているエネルギー技術の分野である。そこで、愛知工業大学エコ電力研究センターにて開発してきたマイクログリッド・スマートグリッドへの燃料電池発電装置の導入および利活用技術について、太陽光発電と風力発電装置との協調運用について研究を実施する。

### 2. 蓄エネルギー技術（リチウムイオン電池、鉛蓄電池、キャパシタなど）

本プロジェクトでは、リチウムイオン電池、鉛蓄電池、キャパシタ（電気二重層、リチウムイオンキャパシタ）に注目し、下記に示す内容を実施する。

#### 2-1: 蓄電装置を用いたグリッド内におけるピークシフトやピークカット運用

マイクログリッド・スマートグリッドにおけるピークシフトやピークカット運用手法を確立するとともに、各電池の最適運用方法について確立する。

#### 2-2: リチウムイオン電池、鉛蓄電池の劣化診断と長寿命化

再生可能エネルギーによる発電出力の平滑化に用いた蓄電装置は、非常用電源として用いた場合よりも劣化進行が早いとの報告がある。そこで、本分野では再生可能エネルギーによる発電時における平滑化に用いた電池の電極に関しての劣化診断と長寿命化技術について実施する。

### 3. エネルギーマネジメントシステム技術

本プロジェクトでは、交流給電方式と直流給電方式を用いた AC/DC 給電方式によるエネルギー消費高効率の向上を図るとともに、生活に対応したエネルギーマネジメントシステムについて研究を実施する。

#### 3-1: 交流/直流ハイブリット給電方式

社会生活を行う際に使用している電気機器は、入力される交流電力から各機器内部において直流電力に変換しているものが多い。このため、あらかじめ直流電力にて、各機器に入力すると省エネルギー化が期待できる。

しかし、かならずしも直流電力にて動作する機器だけではないので、各機器の特性に応じた省エネルギー化を図るため交流/直流ハイブリット給電方式について検討を実

施する。

### 3-2: エネルギーマネジメントシステムの開発

我々が社会生活を行ううえでの環境を支配する空調機器や照明機器、使用している電気機器を、再生可能エネルギーの発電状況や蓄電状況に応じて、エネルギー消費を最適に制御するシステムの構築を実施する。

### C.C. グリーングリッドを支えるエネルギーデバイス・材料開発

#### 1. 省エネルギーと直流活用

長期エネルギー需給見通しにある高度な省エネルギーの実践として、一つはセンシングとインターネットを利用したスマート化によるエネルギーマネジメントの徹底であり、もう一つは LED・有機 EL などの省エネデバイスの活用である。本ワーキンググループでは、後者の省エネデバイスの高性能化・低コスト化を目指した研究を行う。LED・有機 EL とともに直流デバイスであり、太陽電池や水素を利用した燃料電池などの直流発電源に対する負荷としても期待される。

##### 1-1. LED の材料に関する研究

愛工大では、LED の中心材料である 深い準位過渡分光 (DLTS) を利用した GaN に関する欠陥・トラップに関する研究を前プロジェクトから進めており、成果を上げてきた。本研究においても、これまでの研究成果を基盤として直接デバイスに応用した研究を推進する。

##### 1-2. 有機 EL に関する研究

これまで培ってきた作製技術に加え、他大学などの研究者と連携することにより、新材料の応用研究を推進する。特に電導機構については、実デバイスがすでに実現しているために、デバイスシミュレーターや特定のモデルで解析できたことをもって解明されたと言われている。キャリア注入や電荷移動などの理解も不十分なため、検討が必要である。

#### 2. 創エネルギーとエネルギーハーベスト

エネルギー自給率向上のための創エネルギーに関しては、最低限の原子力発電の利用と再生可能エネルギーの活用である。本プロジェクトでは、太陽電池開発、小風力発電、振動発電などを行う予定であるが、本ワーキングでは、有機系太陽電池の高性能化・低コスト化に加え、次世代太陽電池として注目されている量子ドット太陽電池の研究

を行う。

### 2-1. 有機系太陽電池に関する研究

愛工大において、有機薄膜太陽電池を中心として前プロジェクトで進めてきた。本プロジェクトでは、有機薄膜太陽電池はエネルギーハーベストを目指した研究を、有機ペロブスカイト太陽電池は作製手法の最適化により高性能化・低コスト化に関する研究を推進する。特に有機ペロブスカイト太陽電池は作製法の影響を強く受ける。C.C. グリーングリッドシステムにおいて、ここのセンサー類を初めとするスマートデバイスには独立性の高い電源が期待される。そうした中で系統からの電源供給を受けないエネルギーハーベストは重要な役割を果たす。

### 2-2. 量子ドット太陽電池の基礎研究

太陽電池において、赤外領域の活用は変換効率向上の最も有効な手段であり、シリコン系や化合物系の理論的な変換効率は、無機半導体を利用した量子ドット太陽電池の理論効率には遠く及ばないとされており、基礎的な研究を行う。

### 3. 蓄電技術

再生可能エネルギーのうち、太陽光や風力発電は自然変動の影響を強く受け、特に前者は夜間での発電は困難である。エネルギーの供給と需要のバランスを平準化するためには蓄電技術が重要である。しかしながら、電力用二次電池としては NaS 電池、レドックスフロー電池が実用化されているが、C.C. グリーングリッドでは、スマートデバイスや PHV などの家庭規模でのバックアップ電源を期待している。蓄電装置にかかるコストは非常に高く、また機器寿命も他の機器に比べて短いので、システム運用には通常最小限の導入で済みますことが多い。本ワーキングでは、蓄電材料の材料開発・研究を行う。

### 4. センシング技術

IoT では、種々の情報を取得することが重要になるが、本プロジェクトでは、レーザを利用した計測技術などを開発して利用することを検討している。

### 5. 研究成果

昨年度は第4年目にあたり、テクノフェア 2018 が開催された 11 月 16 日(金)に中間成果報告会として、午前中にメンバーによるポスターセッション、午後成果報告会を開催した。ポスターセッションとしては、以下の 12 件で

ある。

P-1-1 電気学科 ○大脇大輝・雪田和人・松村年郎・後藤泰之「AC/DC マイクログリッドにおける蓄電装置の制御および運用」

P-1-2 電気学科 ○寺島淳史・鳥井昭宏・中田篤史・元谷卓・道木加絵「低周波送電用インバータにおける電流抑制制御」

P-1-3 応用化学科 ○澤野晃輝・糸井弘行・大澤善美「天然素材から得た炭素材料の表面修飾とリチウムイオン電池負極特性」

P-1-4 応用化学科 ○野村尚也・大澤善美・糸井弘行「気相吸着法を用いた活性炭細孔内部への酸化チタン微粒子の高分散化」

P-1-5 建築学科 河路友也 「居住者の HEMS 利用状況と ZEH に関する意識調査結果」

P-1-6 情報科学科 ○水野勝教・濱中真和・雪田和人・松村年郎・後藤泰之・一柳勝宏「PV に起因する日射強度予測の検討」

P-1-7 経営学科 後藤時政「再生可能エネルギーが導入された系統における電力融通の検討」

P-2-1 電気学科 ○青山 悟・清家善之・森 竜雄「逆構造有機 EL 素子の作製と高性能化」

P-2-2 電気学科 ○吉田 光・徳田 豊「MOCVD 成長 n-GaN を用いたデバイス中のトラップの評価」

P-2-3 電気学科 ○土田晃輔・森 雄貴・津田紀生・山田諄「高気圧 Ar ガス中に生成したフェムト秒レーザープラズマの物性計測」

P-2-4 電気学科 ○五島敬史郎・津田紀生・犬飼圭祐・菅谷武芳「量子ドット太陽電池に向けた中間バンド構造解析とキャリアダイナミクス」

P-2-5 応用化学科 ○大下拓磨・伊藤 宏・藤崎めぐみ・北野祥平・辻 良太郎・村田剛志・森田 靖「有機中性ラジカルと CNT バッキーペーパーから成るリチウムイオン有機二次電池」

研究報告会のプログラムは、中部電力の内田克己氏以下の講演を行った。参加者は 200 名を超えた。

「研究プロジェクトの概要と進捗」 プロジェクトリーダー 工学部電気学科・教授 雪田和人

特別講演「中部電力における将来に向けた技術開発とイノベーションへの取り組み」中部電力株式会社 内田克己氏

PV に起因する日射強度予測の検討」情報科学部情報科学  
科・教授 水野勝教

「ZEH 実現に貢献するツールとしての HEMS 活用法に関  
する研究」工学部建築学科・教授 河路友也

「有機物が活物質として主役を担う二次電池の世界」工  
学部応用化学科・教授 森田 靖

「まとめと最終年度に向けて」 副プロジェクトリーダー  
工学部電気学科・教授 森 竜雄

## 6.まとめ

現在、最終年度に向けて、各グループとも精力的に検討  
を進め、最終成果報告にまとめたいと考えている。

なお、研究成果の一部を下記に掲載する。

[雑誌論文] (計 1 件)

1. T. Mori, Y. Kobayashi, H. Akenaga, 他 3 名,  
“Development of Environmentally Controlled  
Desktop Spray Coater and Optimization of  
Deposition Conditions for Organic Thin-Film  
Photovoltaic Cells”, J. Photopolym. Sci. Technol.  
(査読あり), 31 (2018) pp.335-341. [https://  
doi.org/10.2494/photopolymer.31.335](https://doi.org/10.2494/photopolymer.31.335)

[学会発表] (計 37 件国際会議 19 件, 他 18 件)

1. T. Mori, V. O. Eze, B. Lei, “Fabrication of Organic  
Perovskite Solar Cells by Air-Flowing and 2-step  
Method and Its Electrical Conduction”, 12th Int’l  
Conference on the Properties and Application of  
Dielectric Materials, Xi’an, China, May 20-24 (2018)  
S8-7.
2. V. O. Eze, Y. Seike, T. Mori, “Effect of fullerene  
between electron extraction and perovskite layers for  
organic perovskite solar cells”, 2018 KJF  
International Conference on Organic Materials for  
Electronics and Photonics (KJF-ICOMEPE 2018),  
Nagaragawa, Gifu, Japan Sept. 4-7 (2018) O-08.
3. T. Mori, “Fabrication of Organic Perovskite Solar  
Cells in AIT Laboratory (Invited)”, 2018  
International Symposium on Novel and  
Sustainable Technology, Tainan, TAIWAN, Oct. 4-5,  
(2018).