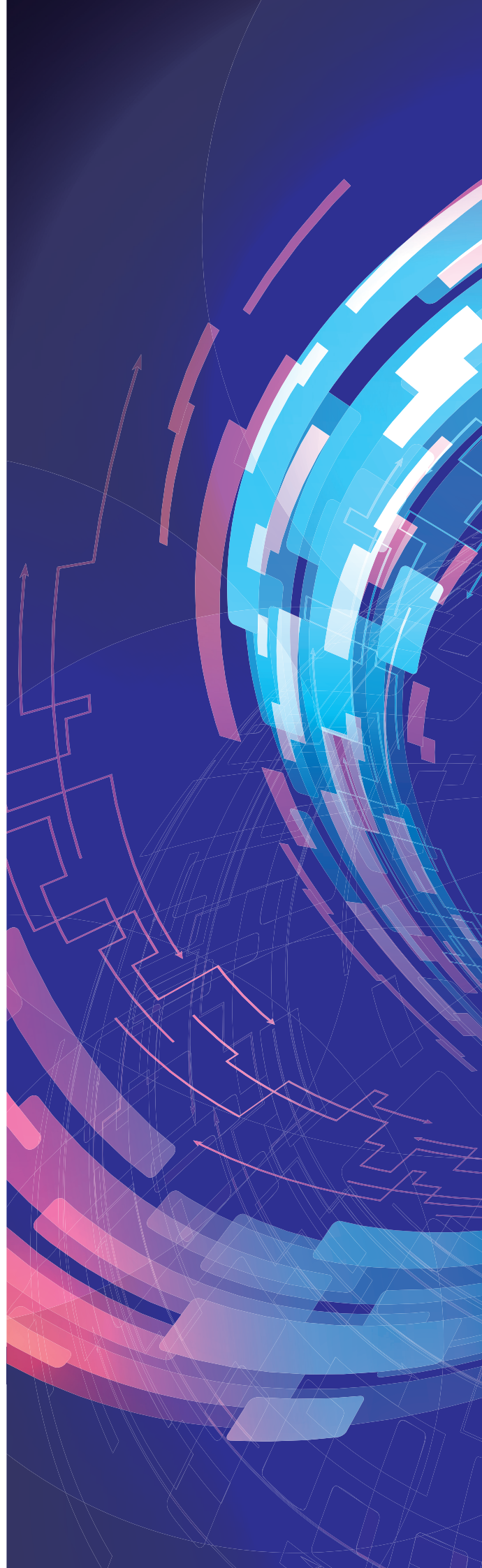




国立大学法人
電気通信大学
The University of Electro-Communications



info-Powered Energy system Reserch Center

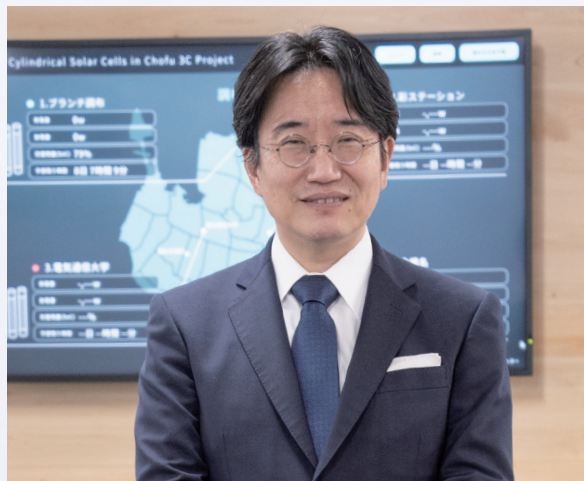


電気通信大学

i-パワードエネルギー・システム研究センター
(i-PERC)

センター長

横川 慎二



i-パワードエネルギー・システム研究センター (Info-Powered Energy System Research Center : i-PERC) は、人類の持続的発展にとって危機的重要課題であるエネルギー・環境問題の解決と、我が国の産業競争力向上に貢献する課題を抽出し、課題解決のためのソリューション研究を行う研究機関として 2015 年 1 月に設立されました。

近年明確化された 2050 年カーボンニュートラル (温室効果ガス排出量実質ゼロ) という高い目標を受け、再生可能エネルギーを主力電源化するための研究開発が産学官により進められています。そこには、創り出すエネルギーの種類、量、時間変動特性などが様々に異なるエネルギーをいかに統合し、社会の駆動力として効果的に活用するかという大きな課題があります。それを解決するための研究開発を、現在 i-PERC は強力に推進しています。

その課題が解決された社会像として、事業組織が大小発電や需要を集中コントロールする従来のスマートグリッドから、個人や地域の地産地消を単位とするインターネット型エネルギー社会構造への転換が進むと我々は考えています。ユーザー自らの手で形成された小規模自立分散グリッドのネットワークとリソースシェアにより、既存の基幹系統に匹敵するインフラを形成するという分散アプローチです。自ら構築した小規模自立分散グリッドをネットワーク接続することにより、必要とするエネルギーが共助により入手可能となり、末端のシステムやデバイスがユーザーの手で構築、再構築されることによってシステム全体が新陳代謝していくでしょう。

エネルギーシステムという社会基盤を新しい形に転換していくには、個人や地域の自主的な参加と貢献を可能にする仕組みや、プロトコルが重要な位置づけとなります。かつて通信事業の主役であった電信電話事業がインターネット情報通信網にその座を譲ったのは、通信事業者に限らず、端末事業者、サービス事業者、加えてユーザー本人が主体的に通信網の構築に参入できたことが大きく寄与しています。情報の創出や発信を可能とするオープンなプロトコルが整備されることにより、インターネットは情報通信の枠を超えて、様々なイノベーションの基盤となり得ました。同様の変革が、小規模自立分散グリッドのネットワークング、すなわちインターネット型エネルギー社会にも訪れると確信しています。

一方で、この変革を支えるレギュレーションには、個人と社会の功利を調整し、社会的な合意を得る仕組みを実装しなければなりません。個人情報や知的財産と同様に、小規模の再生可能エネルギーには、個人の生産物としての個人資産の局面と、社会功利の動力源としての局面の二面性があります。どちらが重んじられるかは、個人および社会の置かれる状況によって大きく異なるため、倫理性の高いレギュレーションが必要不可欠です。

このようなインターネット型エネルギー社会構造は、インフラが未整備なグローバルサウスが急速な発展の主たる舞台の一つとなると予想されます。2050 年カーボンニュートラルを目指す我が国は、自らも変革の実現に努めると共にそれらの国々との共創を推し進めることによって、我が国の産業競争力を確保することができるでしょう。

当センターは、学内外に対する議論とソリューション研究の拠点となるべく、今後とも考究に努めてまいりたいと考えております。何卒、皆様のご指導、ご鞭撻をいただければ幸いです。

センター主要プロジェクト 概要紹介

Project Overview Introduction

カーボンニュートラル社会を実現する円筒形太陽電池を用いた 都市型壁面発電システムの開発と実証

現在 i - パワードエネルギーシステム研究センターは、電気通信大学が東京農工大学、東京外国語大学と共に進めている、地域中核・特色ある研究大学強化促進事業において本学が担当して進めている「エネルギーの持続性」の研究を、中核的な推進組織として進めています。その研究・開発・社会実装の一つが、円筒形太陽電池を用いた都市型壁面発電システムの開発と実証です。

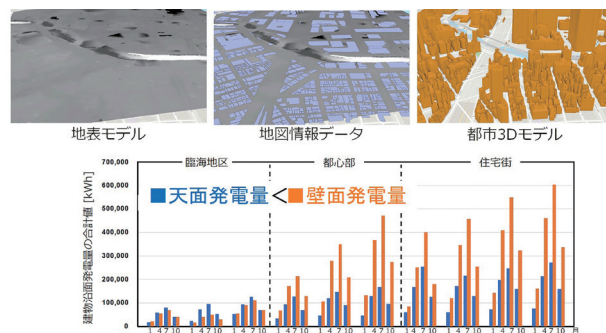
本事業の狙いは、壁面にも設置可能な円筒形太陽電池を活用することで、主に屋根に設置する従来型の太陽電池のみによる発電方法に追加して、都市部の建物に導入された太陽光発電の総発電量を2倍以上に増やすことです。さらに、エネルギーと情報を一体化させてネットワーク化し、「減らす・創る・蓄める (HTT)」の状況を可視化して管理しながら、都市のレジリエンス (回復力、復元力、弾力) の向上につなげることを試みます。

平地が少ない島国である我が国の国土面積当たりの太陽光発電システムの導入容量は、主要国の中で最大という見積もりが示されています (https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/070_01_00.pdf)。平地面積当たりで比較してもその導入容量はトップであり、しかも2位のドイツの2倍を超えています。一方で、都市部においては、従来型の太陽光発電システムを大規模に設置できるような土地が不足していることから、建物の屋根や屋上だけでは、十分な発電を行いながら、再生可能エネルギーを「地産地消」することが難しくなっています。

こうした課題を解決するため、都市部では建物の壁や床などにも太陽電池を設置する沿面発電が注目されています。当研究センターで地表モデルと地図情報データを組み合わせた都市3Dモデルを用いて、屋根などの天面のみに太陽光発電パネルを設置した場合と、壁面にも設置した場合で総発電量を求める日照量シミュレーションを行ったところ、

天面・壁面発電の有効性検証

都市3Dモデルを用いた天面・壁面発電量の予測・評価



壁面の発電を加えることによって総発電量が2倍以上になることが期待される結果が得られました (1km²当たりの総発電量による見積もり)。その実現に向けては、従来型の太陽電池による天面発電と壁面発電とを組み合わせ、小規模な再生可能エネルギーを統合・分配しながら効率的に活用することが求められます。

この都市型壁面発電の鍵を握る技術の一つが、本学で研究・開発を進めている円筒形の太陽電池です。円筒形太陽電池は、細長い透明管に太陽電池の発電シートを丸めて挿入、封止したもので、蛍光灯のような円筒形が特徴です。これを複数並べてすだれ状の太陽電池モジュールにすることで、風圧を受けにくく、日よけにもなるという特性を持つ

円筒形太陽電池 —設置のイノベーション—

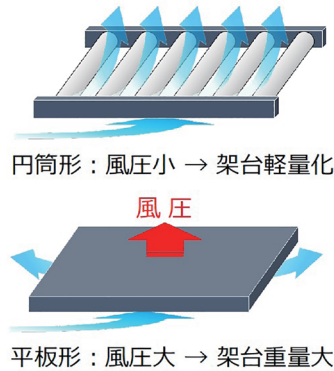
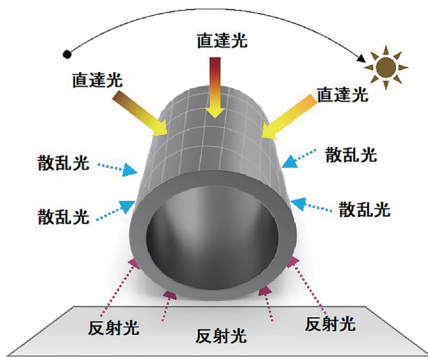
軽量で設置しやすく様々な日照条件に適した「形状」の太陽電池



建物外壁、耕作地、ガレージなどの屋外を中心に自由度高く設置
農業用IoTデバイスの給電にも有効



円筒形太陽電池の利点



- ✓ 直達・散乱・反射光活用により1日の発電量が平板形の2倍（投影面積比）
- ✓ 風圧を受けにくいので、架台の軽量化を実現可能
- ✓ 並行設置、垂直設置のいずれも可能

ています。既存の平板型太陽電池とは異なり、さまざまな角度からの受光が可能のため、日の出から日没までの発電量の変動が小さく、設置方向にもよりますが総発電量を約1.5～2倍にできる大きな利点があります。風圧を受けにくいことから架台を軽量化でき、さらに設置の自由度が高く、壁面にも取り付けられるほか、1本単位での修理も可能になります。

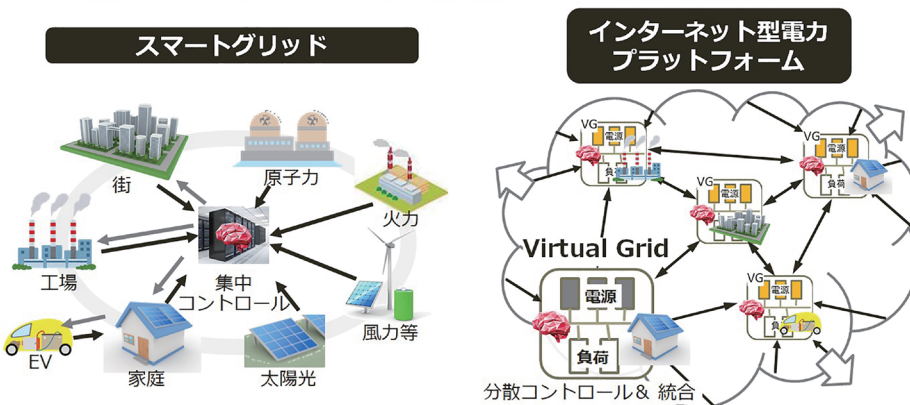
しかしながら、円筒形太陽電池の設置には多くのハード

ルがあります。本事業では、当研究センターの専任教員と東京大学の建築を専門とする研究者を中心に、協力企業のメンバーによる太陽電池チーム、建築意匠チーム、エネルギーマネジメントチームの3グループに分かれ、壁面発電に関するそれぞれの課題を解決しながら実証実験を進めています。

まず、本学のキャンパスにある複数の建物の壁面などに

インターネット型電力プラットフォーム

2050年の社会像 - 真の自律分散型社会へ -



- ✓ 電力を安定供給することが主目的
- ✓ 運営組織がインフラを構築
- ✓ ユーザの電力供給はインフラを通じて



- ✓ 電力システムをどこでも容易に構築可能にすることが主目的
- ✓ ユーザの電力システムを自律統合させてインフラを形成
- ✓ ユーザの電力を End-to-end で共有

専任教員紹介 Profiles

円筒形太陽電池ユニットを大規模に設置し、壁面発電の有効性を実証します。また、太陽の軌道や近隣建物の日陰になるエリアなどを考慮したエネルギー・マネジメントを検討します。台風やゲリラ雷雨、ひょうなどの悪天候時、および季節変動など長期間にわたるシステムの耐性やメンテナンス性も検証する予定です。

新築の建物ではなく、既存の建物の壁面に太陽電池を設置する場合には、対荷重補強とメンテナンスのための足場の設置を同時に行うことが不可欠であり、コストが高くなる傾向にあります。そのため、既設の設備を利用したり、改築によって導入可能な後付けの壁面設置技術などを検討したりすることも重要だと考えています。

さらに進んで、円筒形太陽電池などのさまざまな小規模創電と、容量や仕様の異なる蓄電池や創蓄電モニタなどを組み合わせた「インターネット型電力プラットフォーム」としての原理も実証していきます。人工知能（AI）や数理最適化のアプローチを取り入れた創電・蓄電・給電のエネルギーマネジメントシステムを構築し、強固なセキュリティを持たせながら、信頼性のあるシステムを作り上げることを目指しています。

さまざまな用途や形態の建物が密集する“小さな街”のような大学のキャンパスへ最も適した形で実装し、円筒形太陽電池による壁面発電の有効性を実証できれば、小規模な分散電力の統合と分配、さらに最適な運用方法の研究を通じて、都内のあらゆる場所で発電できる可能性を示すことができるでしょう。数千億円を超える巨額の投資と保守費用が必須となる長距離送電網を必要とせず、ユーザー自らが投資とメンテナンスをする電力システムを自律統合することで形成されるインターネット型電力プラットフォームは、2050年のカーボンニュートラル（温室効果ガス排出量実質ゼロ）を実現する真の自律分散型社会を築くための基盤技術になると考えています。

創エネルギー分野

曾我部 東馬 (教授)

TOMAH SOGABE

専門分野：人工知能、エネルギーデバイス、量子技術
基盤理工学専攻、電子工学プログラム兼務

研究室：西8号館 717号室

TEL：042-443-5964 Email：sogabe@uec.ac.jp
<http://cluster-iperc.matrix.jp>



創エネルギー分野

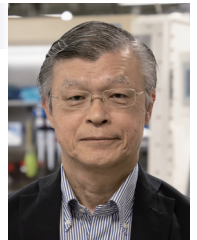
早瀬 修二 (特任教授)

SHUZI HAYASE

専門分野：材料・デバイス (光電変換)
情報基盤理工学専攻、光工学プログラム兼務

研究室：西8号館 419号室

TEL：042-443-5885 Email：hayase@uec.ac.jp
<https://iperc.hayase-lab.jp/>



蓄エネルギー分野

横川 慎二 (教授)

SHINJI YOKOGAWA

専門分野：システムレジリエンス、
信頼性工学、品質管理
情報学専攻、経営・社会情報学プログラム兼務

研究室：西3号館 202号室

TEL：042-443-5974 Email：yokogawa@uec.ac.jp
<http://www.yokogawa.iperc.uec.ac.jp/>



量子物理とAIの融合による材料探索やエネルギーシステムの最適化と量子技術の開発

- ・ 目標から手段を導く AI 駆動型材料探索やデバイス設計
- ・ 再生可能エネルギーシステムへの AI 最適化技術の応用
- ・ 量子×AIによる量子コンピューティング・センシング技術の研究

材料科学の分野では、第4次産業革命の潮流のもと、ビッグデータを人工知能(AI)で解析し、化学構造や組成を探索・設計するマテリアルズ・インフォマティクス(MI)が注目されています。このMIの領域において、通常とは逆向きに材料探索を行う「逆設計」に取り組んでいます。順設計が物質の材料特性を「予測」する手法であるのに対し、逆設計は所望の物性を持つ組成・構造を「最適化」する、目標から手段を導く手法です。

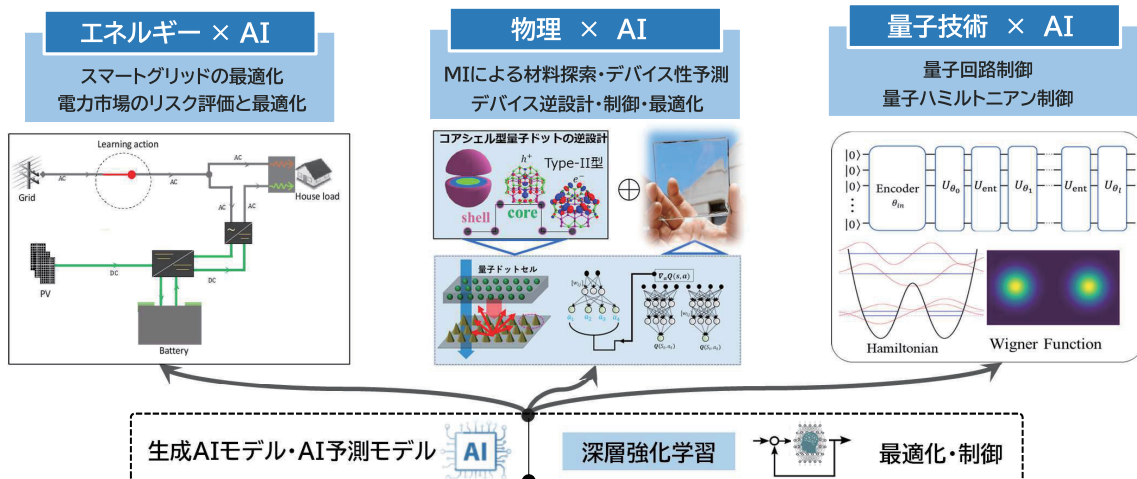
生成AIや深層強化学習とAI予測モデルを融合した逆設計は、材料探索だけでなく、デバイスの設計にも活用できます。たとえば、ラチェット型中間バンド太陽電池や透明型ペロブスカイト量子ドット太陽電池を対象に、AI手法に基づく高効率指向のデバイス最適化を行っています(図の中央)。採光や景観を損なわず窓・ガラス外装を発電面として活用できる透明型太陽電池は都市部の建造物と相性が良く、脱炭素化への寄与が期待されます。

また、エネルギーシステムにおいては、不確実性や変動性のある電力需要の下でも効果的に運用できるエネルギー最適化の手法を研究しています。太陽光発電や風力発電、地熱発

電など再生可能エネルギーの普及に伴い、分散した電源・需要を利用状況に応じて需給調整しながら運用するスマートグリッド(次世代電力網)の導入が進んでいます(図の左)。しかし、天候変動に伴う出力変動と需要の不確実性により、従来の強化学習ベースの最適化手法を再生可能エネルギーにそのまま導入するのは難しいのが現状です。

そこで、リスク評価技術と複数のネットワークモデルの出力を総合して判断するAIの一つであるアンサンブル学習を組み合わせた「アンサンブル深層強化学習」を導入し、分散型エネルギーシステムの最適化に成功しました。さらに、qGAN(量子生成敵対ネットワーク)で学習した不確実性分布を量子回路に読み込み、QAOA(量子近似最適化アルゴリズム)と統合して確率的最適化を行う枠組みを提案しています。これらの成果により、不確実性の下でも、カーボンニュートラル社会の実現に資する、経済性と環境負荷低減を両立した売電・買電計画が可能になると考えています。

加えて、AIと融合した量子コンピュータ関連の量子技術も扱っています。これまで培ってきた量子AI制御アルゴリズムを核に、量子コンピュータの実用化を支える最適化・制御の基盤技術を研究しています(図の右)。これらの最適化・制御は、量子コンピュータの実用化を支えるとともに、次世代量子センシングの発展にも寄与する重要な柱となります。



鉛フリー円筒形ペロブスカイト太陽電池の
開発と産学連携による実証研究

- ・次世代プリンタブル太陽電池としての円筒形太陽電池の提案
- ・スズペロブスカイト光電変換セルの研究
- ・低コストで高効率の円筒形太陽電池の市場開拓

従来のシリコン系太陽電池は平板型のため、大規模発電向けなどに広く使われていますが、無機半導体で作製されているため、形を自由に変えることができません。これに対して、100℃の低温で印刷により製造できるプリンタブル太陽電池はプラスチック基板上にも作れるため、自在に変形させることができます。低コストで軽いフレキシブルなプリンタブル太陽電池は、平板型にはない新たな市場を開拓できると期待されています。

一方で、既存のプリンタブル太陽電池は効率が低く、耐久性も不十分という課題がありました。これを解決するのが、円筒形の太陽電池です。円筒形太陽電池は、プリンタブル太陽電池の光電変換セル部分を蛍光灯のような細長い円筒形のガラス内に挿入して完全封止したものです。30cm から 120cm まで4種類の長さがあり、それぞれを数十本程度並べて幅1mほどの太陽電池モジュールに作り込みます。

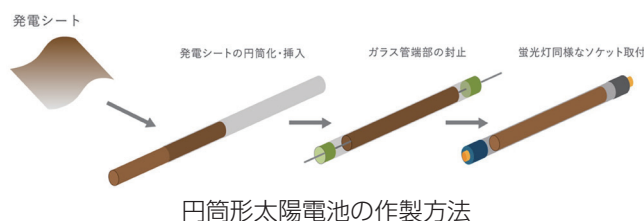
基礎研究では、特にペロブスカイト結晶構造を持つ塗布型のペロブスカイト光電変換セルの開発に力を入れています。市販のプリンタブル太陽電池の光電変換セルでも円筒形太陽電池は作れますが、塗るだけで作製可能な高効率のペロブスカイト光電変換セルが開発できれば、低コストと高効率を両立する円筒形太陽電池が実現できます。

現在のペロブスカイト光電変換セルは、RoHS 指令でも使用が禁止されている有害物質の鉛を含むことから、鉛をスズに置き換えた鉛フリーのスズペロブスカイト光電変換セルを提案しています。一般に、鉛の方が効率高く、スズを使った結晶は不純物によって欠陥が多くなるという欠点がありますが、スズに微量のゲルマニウムを混ぜるなど工夫し、スズペロブスカイト光電変換セルとしては世界最高水準である14%の変換効率を達成しています。

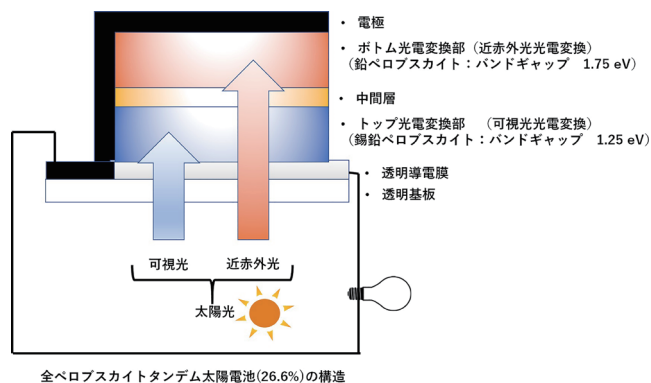
将来、スズペロブスカイト光電変換セルを用いた鉛フリーの円筒形ペロブスカイト太陽電池を実現し、いずれ鉛を使った既存の太陽電池と同等の20%台の効率にまで高め、環境

に優しく低コストな次世代太陽電池として実用化することを目指しています。

また、応用研究としては、市販のプリンタブル太陽電池を使って円筒形太陽電池モジュールを試作し、産学連携で実証実験を進めています。円筒形太陽電池は一方向のみに曲げられるセミフレキシブル性を持つため、ビルなどの壁面や工場の屋根などの曲面に導入できます。農地に設置すれば、発電と農業を両立するソーラーシェアリング（農電併産）にも活用できます。



そのほか2種類の異なる太陽電池を重ね合わせるタンデム型太陽電池の研究も進めており、ペロブスカイト太陽電池のみを用いた最新のタンデム型太陽電池の効率は26.7%に達しています。二つのセルで発電することで、単層太陽電池の理論限界を超える35%以上の高効率化が可能になるといわれています。このタンデム型太陽電池にフレキシブルで軽量、高効率のペロブスカイト太陽電池を採用すれば、太陽電池の産業利用が一気に進むと考えられます。



全ペロブスカイトタンデム太陽電池(26.6%)の構造

円筒形太陽電池の実証研究と、鉛フリー円筒形ペロブスカイト太陽電池の開発

【中村特任研究員／横川研究室】

- ・次世代プリントابل太陽電池としての円筒形太陽電池の提案
- ・発電量が多く設置も容易な円筒形太陽電池の市場開拓

従来の平板形のシリコン系太陽電池は大規模発電向けなどに広く使われていますが、無機半導体で作製されているため、形を自由にすることができません。これに対して、100℃の低温で製造できるプリントابل太陽電池はプラスチック基板上にも作製でき、自在に変形させることができます。低コストで軽いフレキシブルなプリントابل太陽電池は、従来の太陽電池にはない新たな市場を開拓できると期待されています。

一方で、既存のプリントابلペロブスカイト太陽電池は効率が低く、耐久性も不十分という課題がありました。これを解決するのが、円筒形の太陽電池です。円筒形太陽電池は、プリントابل太陽電池の光電変換セル部分を蛍光灯のような細長い円筒形のガラス内に挿入して完全封止したものです。30cm から 120cm まで4種類の長さがあり、それぞれを数十本程度並べて幅 1m ほどの太陽電池モジュールに作り込みます。太陽光や風は通しつつ、ガラス管の封止によって外気や水を完全遮断するため、発電素子の劣化を防ぐことができます。フレキシブルなすだれ状設計により、曲面や狭小スペースに設置できることから、ビルの壁面や工場の屋根など曲面にも導入できます。

アモルファスシリコン製の市販のプリントابل太陽電池を使って円筒形太陽電池モジュールを試作し、企業と共同でソーラーシェアリング（農電併産）の実証試験を行いました。ビニールハウスの天井にこの円筒形太陽電池と従来の平板形太陽電池をそれぞれ敷き詰め、開口率を 50% に統一した上で農作物を育成しました。その結果、設置面積当たりの発電量、収量ともに円筒形が平板形の約 1.4 倍となり、両面発電が可能で日陰エリアを少なくできる円筒形太陽電池の優位性を確認することができました。現在は、伊豆大島町の農地に計 1000 本以上の円筒形太陽電池を設置する実証プロジェクトを進めています。

また、学内でもキャンパスの建物の壁面などに約 2000 本の円筒形太陽電池モジュールを設置して実証研究を行っているほか、今後は海上や水上での発電利用も見すえ、強風や積雪時などの運用状況も検証する予定です。円筒形太陽電池は設置やメンテナンスが容易であるため、ほかにも高速道路や電車の軌道といったインフラ関連、



円筒形太陽電池を屋根に設置した様子

AI 導入による未来型農地などに加え、社会の DX（デジタルトランスフォーメーション）化が進むことにより、街路灯や防犯灯、停留所、各種充電ステーションや無線基地局の電源など、幅広い分野への適用が期待されています。

【早瀬研究室】

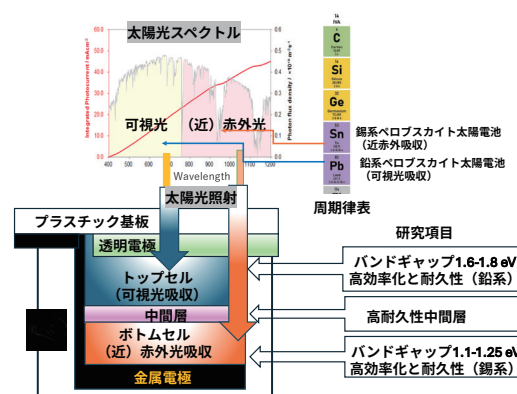
- ・鉛フリー錫ペロブスカイト太陽電池の研究
- ・ペロブスカイトタンデム太陽電池の研究とその鉛フリー化

ハロゲン化金属ペロブスカイト結晶構造を持つ塗布型のペロブスカイト太陽電池の開発に力を入れています。円筒形太陽電池は現在、アモルファスシリコン製の市販のプリントابل太陽電池を使って実証実験を進めていますが、塗るだけで作製可能な高効率のペロブスカイト光電変換セルを開発できれば、低コストと高効率を兼ねる円筒形太陽電池として普及が見込めると考えています。

現行のペロブスカイト光電変換セルは、RoHS 指令で使用が制限されている有害物質の鉛を含むことから、鉛イオンを錫イオンに置き換えた鉛フリーの錫ペロブスカイト太陽電池を開発しています。一般に錫イオンを使った結晶は不純物によって効率が低下しやすいという欠点がありますが、錫イオンに微量のゲルマニウムイオンを添加するなどして不純物の影響を抑えることにより、錫ペロブスカイト太陽電池としては世界でもトップレベルの 15.3% の高い変換効率と高い耐久性を達成しています。

そのほか 2 種類の異なる太陽電池を重ね合わせるタンデム太陽電池の研究を進めており、最近、錫ペロブスカイト太陽電池を用いたペロブスカイト太陽電池を採用し、鉛フリータンデム太陽電池の動作を世界で初めて確認しました。タンデム太陽電池は二つのセルで発電することで、単層太陽電池の理論限界を超える 35% 以上の高効率化が可能とされています。

我々はこれまでの錫系ペロブスカイト太陽電池の成果を活用し、塗布で作製できる全ペロブスカイトタンデム太陽電池（可視光吸収ペロブスカイト太陽電池に近赤外吸収ペロブスカイト太陽電池を重ねた構造）の研究に取り組んでいます。今後、さらに鉛フリー化することにより、環境に優しく、高効率と高い耐久性を併せ持つ円筒形ペロブスカイト太陽電池を開発し、低炭素社会の実現に貢献していきます。



単層太陽電池の理論効率を超える
超高効率ペロブスカイトタンデム太陽電池の構造と研究項目

社会基盤システムのレジリエンスと キーデバイスの高信頼化

- ・ 自立分散型電力グリッドの信頼性・安全性の予測
- ・ キーデバイスの省電力化と高信頼化
- ・ システムレジリエンスの評価・設計と創発性メカニズムの解明

エネルギーシステムの信頼性や安全性、品質保証をテーマとし、レジリエントな（回復力、復元力、弾力のある）デバイスやシステム、サービスの実現に向けた研究に取り組んでいます。自立分散化が進んだ電力システムには、リチウムイオン二次電池に代表される蓄電池や、キャパシタ、新規パワーデバイスなど、数多くのエナジーデバイスが用いられています。これらは多様な使われ方のもとに運用されているため、それに応じて特性劣化の状況も異なります。このようなシステムの状態変化を、時系列解析や機械学習、深層学習を使って精度よく予測・評価し、保全方策を決定する方法などを研究しています。

例えば、太陽光発電などの再生可能エネルギーが普及するにつれて、そのような電力を集めた小規模な自立電力グリッドが身の回りに数多く形成されるようになります。身の回りの多様な小規模電力グリッドを束ねてシステムとして運用していくためには、システムの信頼性向上が欠かせません。そこでシステムの高信頼化に向けて、どのようなデバイスが機器に接続されているのかを自動で判別したり、それらのデバイスの信頼性・安全性を瞬時に判定するような研究も進めています。

将来は、スマートフォンやタブレット端末、蓄電池など

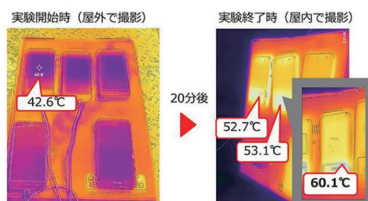
のデバイスをグリッドに接続した瞬間に、バッテリー残量やバッテリーの健全性などを推測できるようにしたいと考えています。それによってシステム全体の電力をマネジメントできれば、常に健全な状態でシステムを継続的に使い続けられる可用性（アベイラビリティ）を担保することができます。これに関連した研究として、スマホのバッテリーの劣化状況をユーザーの使い方に関するアンケート情報から予測する研究も進めました。

そのほか、データセンターの省電力化の鍵となる半導体メモリやEV、プラグインハイブリッド車（PHEV）の駆動力を支えるパワーデバイスの信頼性を高める研究も行っています。一例として、製造時に生じる微細な欠陥が市場におけるデバイスの信頼性に与える影響を予測する統計的なモデルの研究を進めています。その研究を通じて、デバイスの信頼性品質の向上に貢献したいと考えています。

以上のように、個々のデバイスやシステムの信頼性を高めつつ、システム全体のレジリエンスの評価・設計を行うことを目標としています。とりわけ昨今、数多くの電子部品が使われるようになった自動車などにおいて、各パーツの動作に問題はないものの、複数のパーツが組み合わせられることによって生じる「創発性（部分からの全体の予測不可能性）」によって、不具合が発生する事象が増えています。この創発性の発現メカニズムを理解することができれば、複雑なシステムの設計時にあらかじめ不具合を予測し、これを効果的に抑える制御方法などを検討することが可能になります。

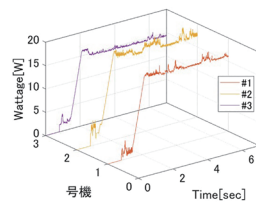
『蓄エネ』の信頼性・安全性

- ▶ バッテリーマネジメントの重要性
 - ▶ 教育ICT(GIGAスクール構想)における課題
 - 学校のエネルギー問題、安全・安心への貢献
- 学校の充電課題は、
- 大量のICT機器の導入
 - 限られた電力供給インフラ
 - (一応)配備されているPV
 - 充電トラブルの懸念
- など、小さいが「今そこにある」課題



電力 PF の信頼性を確保する要素技術

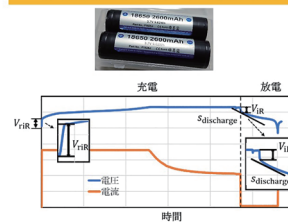
深層学習によるデバイス同定



グリッドに接続された機器の同定
消費予測とセキュリティ確保

USB-PDネゴシエーション波形
↓
深層学習・機械学習

ベイス推論を用いたLiB劣化評価



バッテリーの劣化診断
蓄電量と系の信頼性・安全性評価

充放電時のIV特性
↓
階層ベイスモデル

脱炭素と地域創生を同時に進める IPEG 推進コンソーシアムの取り組み

Promotion Consortium Initiatives

インフォパワーエネルギー・グリッド（Info-Powered Energy Grid : IPEG）推進コンソーシアムは、我が国の脱炭素化を進め、地域経済の回復と持続可能な循環型経済社会の実現を目指す産官学連携組織として、2023年7月にi-PERC内に設立されました。

これらの目標を達成するためには、AIやIoT（モノのインターネット）に支えられた自立分散型エネルギーシステムを基盤とし、既存の社会構造そのものを転換する必要がありますと考えています。そうしたエネルギー転換（DX、GX、EX）の推進には、DX、GX、EXに関わる多様な方々と議論し、協働していく場が不可欠であり、本コンソーシアムはその一翼を担うことを目的としています。

具体的には、中央省庁との密接な協力関係を土台にして地方自治体と連携し、地域の中核となる拠点開発エリアにおいて「地域IPEGプロジェクト」を立ち上げ、エネルギー事業とまちづくり事業を一体化しながら地域の活性化を促進します。さらに、この拠点を軸にネットワークを構築してエネルギー転換に向けたロードマップを作成し、関係者と共有しつつ取り組みを発展させていきます。これにより、脱炭素化とエネルギーの多様化・最適化を進め、地域のレジリエンスを向上することで地域創生を加速し、将来の政策形成にも貢献していきます。

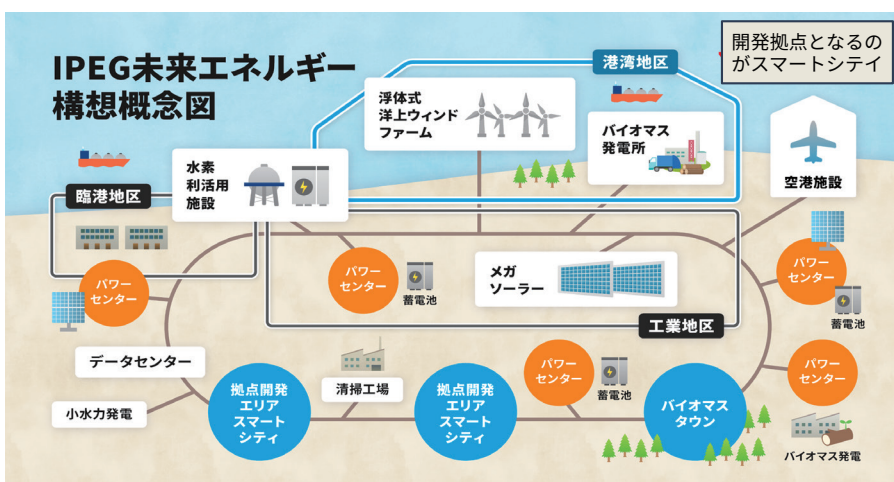
IPEG推進コンソーシアムには、電機メーカー、ゼネコン、エネルギー関連企業など十数社の会員企業に加え、総務省、経済産業省、環境省、国土交通省といった政府機関、さらに東京都調布市、浜松市、新潟市をはじめとする複数の地方自治体が参画しています。また、学会会員としてi-PERCの教員らが連携し、実証研究にも取り組んでいます。

「ゼロカーボンシティ調布」を掲げる調布市とは、現在、企業活動の拡大・成長、市民の生活の質（QOL）向上、都市の持続的発展という三つの観点から、脱炭素化を推進するプロジェクトを進めています。調布駅前広場を中心とした「災害に強いまちづくり」を基軸に、防災対策拠点でありながら市民のリビングルームとしても活用する新たな都市構想を描いています。都心・副都心の機能を補う職住近接のまちであり、地域資源にも恵まれた調布市と、AI・エネルギー技術に強みを持つ電気通信大学が連携することで、市民と行政、大学による新たな産官学連携の姿を提示し、分散型デジタル社会を見据えたスマートシティの実現を目指します。

浜松市とは、バイオマス産業都市構想に基づき、バイオマス発電所が集積する同市内と阿蔵山をパワーセンターとするプロジェクトを推進し、浜松市を含む静岡県とも連携の可能性を探っています。また、新潟市秋葉区とは「スマートライフcommons」構想を、東京都中央区とは日本橋エリアにおけるAIを活用したEVシステム中心のまちづくりを進めています。

エネルギーは「いつでも、どこでも、だれでも」使える共有財産であり、地域活性の源です。各地の地域IPEGプロジェクトを通じて、地域のエネルギーグリッドを補完する太陽光発電施設やバイオマス発電所などをパワーセンターとして位置づけ、蓄電池を備えつつ、近郊の洋上風力発電施設や水力発電施設、水素など新エネルギー供給施設などとも連携し、エネルギーの“地産地消”でまち全体のリニューアブルを図り、地域の活性化につなげていきます。

電気通信大学 特任教授
内野善之



「統合環境ソリューション」で拓く 共創の未来

The future of co-creation

1973年設立のモデュレックスグループは、祖業である照明光学機器の製造販売や照明デザインの知見を基盤に、照明環境事業、環境制御インテグレーション事業、エクスペリエンスデザイン事業、エネルギーソリューション事業の4事業を統合する体制へと発展してまいりました。

目標は、快適性、生産性、安全性、サステナビリティを同時に実現する未来型の居住空間の創造です。そのために、センサー、アクチュエータ、ネットワーク、アルゴリズム、ユーザー体験 (UX)、運用・保守までを一体的に設計し、照明、空調、換気、日射制御を人の行動コンテキストと統合的に結び直す「統合環境ソリューション」を構築し、社会実装をしてきました。建築分野におけるネット・ゼロ・エネルギー・ビル (ZEB) 基準が求める全体最適に対し、四つの事業で提供する技術を統合しながら効果の最大化を図っています。

年間のエネルギー消費の収支をゼロにするには、外皮断熱、日射遮蔽、自然採光、自然換気といったパッシブ技術だけでは不十分であり、空調や照明のアクティブ制御技術が必要です。建材の省エネルギー性能を向上することに加え、室内の環境制御に向けて電力利用を最適化するためにも、快適性と省エネを両立する新しい制御技術が求められています。とりわけ近年では、計算機性能が発展していることから、深層機械学習を応用したデータドリブン型の環境制御が重要になりつつあります。人が操作するよりも高精度、かつ先回りした制御を実現するには、従来の機械工学に加え、情報工学や建築工学を横断した研究が欠かせません。

このような背景から、2024年7月に先端技術研究所を設立し、研究機能を集約しました。その取り組みの一貫として、電気通信大学の新棟「e-Nexus」に構築されるAPI制御環境を活用し、照明、空調、換気などのAI制御と省エネナッジを組み合わせた Ambient Intelligence の実現に向けた研究開発を i-PERC と共同で進めています。産学の協働により、e-Nexus をはじめとする実証フィールドでのデータ収集と検証を通じて、快適性と省エネを両立する標準的な実装モデルと評価指標を整備し、国内外へ展開可能なリファレンスケースへと発展させていくことを目指します。

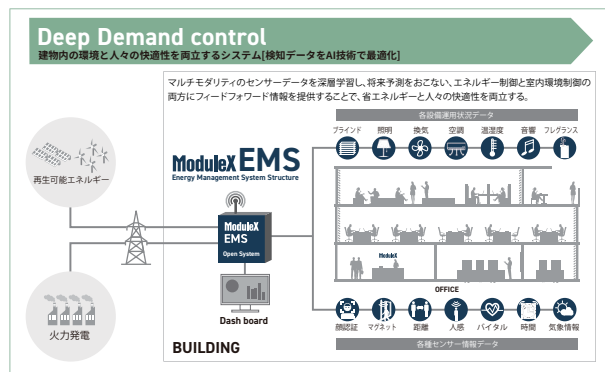
我が国の政策では、2030年以降の新築建築物について ZEB 基準への適合が段階的に義務化される予定ですが、省エネ性能の確保と人々の快適性の両立には依然として難し

い課題が残っています。快適性を犠牲にした省エネは持続可能ではありません。「創エネ」「省エネ」「蓄エネ」「活エネ」という i-PERC の掲げる理念のもと、学術領域と民間領域を横断し、それらを有機的に統合するアプローチこそ、こうした課題を解決する鍵であると考えています。

i-PERC との取り組みは、e-Nexus における共創を出発点に、研究知と現場知を往復させる“実装駆動型の枠組み”として深化させていきます。建築工学、電子工学、情報工学が交差する学際領域において、標準的な実装モデルを皆さまとともに築いていきます。

環境を「制御の対象」から「対話の相手」へ——。この思想を核に、環境統合ソリューションを社会の基本インフラへと高める挑戦を、i-PERC とともに産学共創の精神で推進してまいります。

今後ともご指導とご協力を賜りますよう、心よりお願い申し上げます。



Deep Demand control 概念図
(検知データ×AIによる最適制御)



e-Nexus 実証フィールド



寄贈機器の一例：照明器具
(制御デバイス・センサー含む)

電気通信大学 i-PERC 客員教授
株式会社モデュレックス
代表取締役 兼 社長執行役員
同社 先端技術研究所 所長

てるみちごろう
曄道悟朗

Faculty list

横川 慎二	センター長・教授 (専任)	情報学専攻 (兼務)
曾我部東馬	教授 (専任)	基盤理工学専攻 (兼務)
早瀬 修二	特任教授 (専任)	i-パワードエネルギー・システム研究センター
金子 修	教授	機械知能システム学専攻
山口 浩一	教授	基盤理工学専攻

協力教員

大川 富雄	教授	機械知能システム学専攻
沈 青	教授	基盤理工学専攻
木寺 正平	教授	情報・ネットワーク工学専攻
小木曾公尚	教授	機械知能システム学専攻
坂本 克好	助教	基盤理工学専攻

客員教員

市川 晴久	特任教授	電気通信大学 名誉教授
内野 善之	特任教授	IPEG 推進コンソーシアム 事務局長
柏木 孝夫	特任教授	東京科学大学 名誉教授 東京農工大学 名誉教授
山下 英和	特任教授	一般財団法人日本建築センター 建築技術研究所 副所長
川喜田佑介	客員教授	神奈川工科大学 教授
谷口 彬雄	客員教授	信州大学 名誉教授
曄道 悟朗	客員教授	株式会社モデュレックス 代表取締役

特任研究員

中村 雅規	i-パワードエネルギー・システム研究センター
Sahamir Shahrir Razey	i-パワードエネルギー・システム研究センター
北村 武史	i-パワードエネルギー・システム研究センター
Safalmani Pradhan	i-パワードエネルギー・システム研究センター
Suraya Shaban	i-パワードエネルギー・システム研究センター
Bi Huan	i-パワードエネルギー・システム研究センター

発行：2026年3月

国立大学法人電気通信大学

i-パワードエネルギー・システム研究センター (i-PERC)事務室
〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1 西3号館 105号室
Email : iperc-group@gl.cc.uec.ac.jp TEL : 042-443-5935
www.iperc.uec.ac.jp