

JSTnews

未 来 を ひ ら く 科 学 技 術

4

April
2016

FEATURE

理・工学と社会科学の研究者が協力 エネルギー制御に挑む!

01 都市の電力を一括管理する次世代EMS

02 気まぐれな太陽光発電を制御理論で支援



国立研究開発法人
科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency

3 FEATURE

理・工学と社会科学の研究者が協力
エネルギー制御に
挑む！01
都市の電力を一括管理する
次世代EMS※

※EMSとは、エネルギーマネジメントシステムのこと。

02
曇り空でも心配無用
気まぐれな太陽光発電を
制御理論で支援12 マンガ家Toriの研究室訪問
お化けを呼ぶハエ？14 NEWS & TOPICS
イネの遺伝子を使ってポプラの木質を強化
バイオ燃料の生産効率向上や高強度木材の開発に期待 ほか16 さきがける科学人 Vol.48
孤高のものづくりで、医療を変える
池内真志（東京大学 先端科学技術研究センター 講師）

表紙写真

EMS新宿実証センターで、電力ネットワーク全体を最適に管理する次世代EMSの実現に取り組むCREST研究代表者の林泰弘さん。産学連携の共同研究により「実用化は難しい」と語る。高度な頭脳を備えた次世代EMSが、家庭の電力を管理する時代が間もなく到来する。

編集長：上野茂幸／企画・編集：浅羽雅晴・安藤裕輔・菅野智さと・佐藤勝昭・多田羅尚子・鳥井弘之・松元美香・松山桃世・山下礼士 制作：株式会社学研プラス・株式会社麹町企画／印刷・製本：北越印刷株式会社

研究監メッセー

人文社会科学主導の
時代へ

JST 研究監
泉紳一郎
(社会技術・社会基盤担当)



文理融合や、自然科学と人文社会科学の連携の必要性が強調されてからかなり時間が経ちました。しかし、双方で使われている言語や価値観、研究の方法論、目的意識の違いなど、さまざまな理由から思うようには進展していません。この現状について少々、私見を述べたいと思います。

JSTの基本ミッションは、新しい科学と技術の研究開発と、そのための基盤構築にあります。新しい技術は、社会で使われてはじめて意味があります。そのためには、人々や社会のありようがどうなのか、これからどう発展するのかについて、合理的で客観的な知識が不可欠であり、そこにこそ人文社会科学が関与する重要な役割があると考えます。

すなわち、新しい技術が登場する前から、人々や社会の要求、いわば「社会的仕様」を規定するのが人文社会科学の役割ではないでしょうか。こうした取り組みがあつてこそ、社会に受け入れられやすい技術が生み出され、普及していくはずです。

そのためにはどんなことが必要でしょうか。少し極端に言えば、新しい技術の研究開発の具体的な「出口」ないし「領域設定」そのものに、人文社会科学が主導的に関与することではないかと考えます。

人文社会科学は、人々の心や価値観、意義、それらの結びつきからなるコミュニティや社会のありよう、つながりといったものを、多様な方法や視点で分析し、普遍性・合理性ある知識を生み出し、長い時間をかけて指針や規範を提供してきました。新しい技術の登場は、良くも悪くも現代社会とその構成員たる人々のありようを強く方向付ける可能性があります。

このような方向付けは、人文社会科学本来のスタイルとは必ずしも適合しにくいかもしれませんが、研究者たちの早急な意識改革が求められると思います。

FEATURE

理・工学と社会科学の研究者が協力

エネルギー制御に
挑む！

藤田 政之 ふじた・まさゆき

CREST「分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の創出と融合展開」研究総括
東京工業大学工学院 教授

1985年、早稲田大学大学院理工学研究科博士後期課程退学、工学博士。同年金沢大学助手。同大講師、助教授。92年北陸先端科学技術大学院大学助教授を経て、99年金沢大学教授。2005年東京工業大学教授。16年4月より現職。12年よりCREST研究総括。

地球温暖化を抑えるには、太陽光や風力などの再生可能エネルギーを最大限に活用しなければなりません。そのためには、多様なエネルギー源と利用者を賢く結ぶ新たな仕組み「エネルギー管理システム(EMS)」が重要になってきます。

CRESTの研究領域「分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の創出と融合展開」では、エネルギーの需要と供給を効率よく制御する理論と、それに基づく数値モデルおよび基盤技術の創出や、さらに社会実装への道筋をつけることをめざしています。

これまでのエネルギー管理は、分散した施設を1カ所に集約して管理する「中央集中」型が主流でした。しかし近年では、分散している施設をネットワークでつなぎ、協調しながら全体で最適化する「分散協調」型の管理が重視されるようになってきました。

エネルギーシステムなどのインフラをつくるには、エネルギーの制御、通信、情報といった工学系分野だけでなく、理学や社会科学など他分野の研究者とも協調しながら研究を進める必要があります。

2012年度と13年度に研究課題を募集し、いろいろな分野から23の研究チームが集まりました。「分散協調」型システムの構築には、人と人のつながりや異分野の相互理解が欠かせません。それを推し進めるため、合宿をしたり、研究者が異なる学会に出席したり、国際的なワークショップを開催して海外の研究者の考えにも触れるなど、さまざまな形でコミュニケーションを図り、最終的には下に挙げた5つのチームで2015年度から本格的な研究がスタートしています。その中から2つの研究チームを取り上げて紹介します。

太陽光発電予測に基づく調和型電力系統制御のためのシステム理論構築

研究代表者 井村 順一 東京工業大学工学院 教授

8ページ参照

エネルギー需給システム構築のための経済モデルと物理モデルの融合に基づく設計理論及び実証・実装・提言

研究代表者 内田 健康 早稲田大学理工学術院先進理工学部 教授

エネルギー消費行動の観測と分散蓄電池群の協調的利用に基づく車・家庭・地域調和型エネルギー管理システム

研究代表者 鈴木 達也 名古屋大学大学院工学研究科 教授

分散協調型EMSにおける地球科学情報の可用性向上とエネルギー需要モデルの開発

研究代表者 中島 孝 東海大学情報技術センター／情報理工学部 教授

汎用的な実証基盤体系を利用したシナリオ対応型分散協調EMS実現手法の創出

研究代表者 林 泰弘 早稲田大学大学院電気・情報生命専攻 教授

4ページ参照

都市の電力を一括管理する

次世代 エネルギー管理システム EMS

各家庭にある太陽光発電装置でつくられる電力の合計は、巨大な発電所にも匹敵する。これを家庭だけでなく、社会全体で有効活用していくには、家庭や工場、オフィスなどで使う電気と、それを供給する電力ネットワーク全体を管理する頭脳が必要になる。それがあらゆるエネルギーの一括管理をめざす「EMS（エネルギー管理システム）」である。次世代EMSの研究開発をリードする早稲田大学大学院の林泰弘教授のラボを訪ねた。

EMS 新宿実証センターの設備の一部。
背景写真はデマンドレスポンス指令所、
下の写真は実験用ユニットハウスの内部。

HEMS 端末



家庭の太陽光発電の電気を管理する HEMS

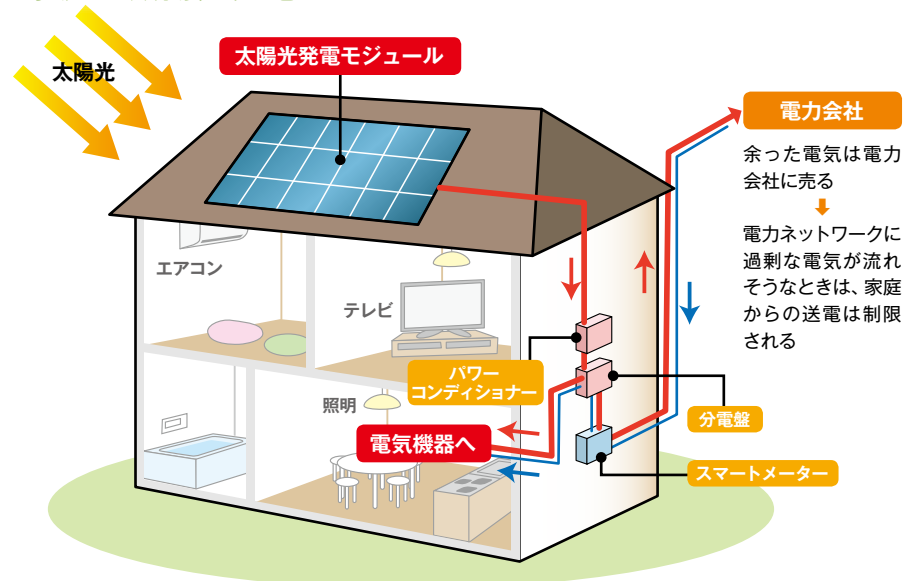
電力会社の電力ネットワークに、太陽光発電や風力発電など、天候によって発電量が変動し、不安定な電気が大量に入ってくると、その調整は複雑になる。太陽光発電装置を取り付けた家庭の例で見てみよう。

ソーラーパネルで発電された電気は、家庭内の冷蔵庫やテレビなどの電力として使われ、余った分は送電線を通して電力ネットワークに供給され、その分の代金を電力会社から受け取ることができる。つまり電気を売ることができるのだが、いつでも余った電気を売れるわけではない。

例えば春や秋の晴れた日に、各家庭から一斉に余った電気が電力ネットワークに流れると、電圧も周波数も上がってしまう。その上昇分が限界を超えそうときは、家庭からの送電が制限される。

この無駄をなくすためには、余った電気を蓄電池に貯めたり、電気自動車（EV）やプラグインハイブリッド車（PHV）を充電したり、電気温水器でお湯を沸かしたりすればいい。こうして貯めた電気やお湯を、夜間など別の時間帯に使えば、外部から買う電気を節約できる。

家庭の太陽光発電



しかしこの作業を、いちいち人が操作することは面倒である。そこで状況に応じた判断と作業を自動でできる HEMS（家庭用 EMS）が開発され、製品として市販され始めている。

太陽光で発電した電気を使用するのは一戸建てだけではなく、マンションもオフィスビルも工場もある。電力は、発電所と電力ネットワークと電気の使用者が

くりあげる複雑で巨大なシステムなので、HEMS が単独に機能するだけでは用をなさない。HEMS は、電力ネットワークや、発電を行う電力会社とも通信して情報を交換しあう必要がある。そこで、GEMS（グリッド[電力ネットワーク]EMS）や BEMS（ビル用 EMS）、MEMS（マンション用 EMS）、FEMS（工場用 EMS）などの開発が同時に進められている。



先を読み、計画し、リアルタイムで電気を制御

早稲田大学大学院の林泰弘教授のチームは、EMS 新宿実証センターに未来の住宅を組み込んだ模擬的な電力ネットワークを構築し、数十年先を見据えた次世代 EMS の研究開発を行っている。

家庭内の電気をコントロールする HEMS で、太陽光発電量を予測する新たな手法として「JIT（Just In Time）モデリング」を開発した。今後太陽光発電

の需要が大幅に増加したときに備えて、JIT モデリングでは気象庁が発表する予報データと類似したデータを、過去の太陽光発電量のデータベースから検索して太陽光発電量を予測できる。さらに、電気の効率的な運用と制御のために、各家庭で異なる多様な電化機器の組み合わせから最適な運用計画を導き出す手法を確立し、居住者が 1 年を通して快適に

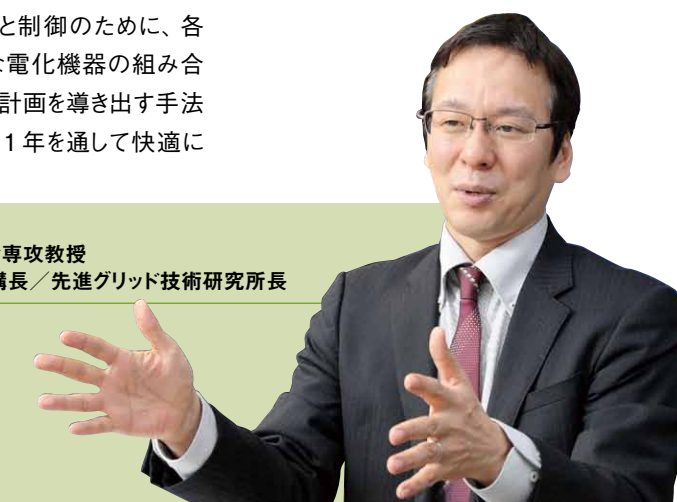
生活でき、しかも省エネルギーが実現できる温熱環境制御システムも開発した。また、家庭向け太陽光発電が多数連結された町を想定して、配電系統における電

林 泰弘

はやし・やすひろ

早稲田大学大学院電気・情報生命専攻教授
スマート社会技術融合研究機構機構長／先進グリッド技術研究所長

1994 年、早稲田大学大学院理工学研究科博士課程修了、博士（工学）。同年茨城大学工学部システム工学科助手、97 年同大学講師、2000 年福井大学工学部電気・電子工学科助教授、09 年早稲田大学先進理工学部教授。同年先進グリッド技術研究所長、14 年スマート社会技術融合研究機構（ACROSS）機構長兼任。14 年より CREST 研究代表者。



発電量と電力需要の不均衡が及ぼす影響

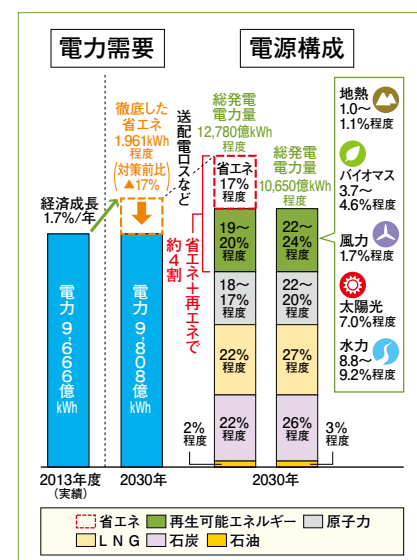
日本ではこれまで火力と原子力を中心に電力が供給されてきたが、東日本大震災以後、太陽光と風力などの再生可能エ

ネルギーが以前に増して重視されるようになってきた。国の試算によると、2030 年度には、省エネを推進しながら、総発電電力量の約 22 ～ 24 パーセントを再生可能エネルギーで賄うとしている。

家庭に届けられる電気は、東日本では電圧 100 ボルト、周波数 50 ヘルツ、西日本では 100 ボルト、60 ヘルツだが、その電圧や周波数は微妙に変化する。発電量と使われる電気量（電力需要）は等しいのが理想だが、発電量が消費量に比べて大きくなると、電圧も周波数も高く

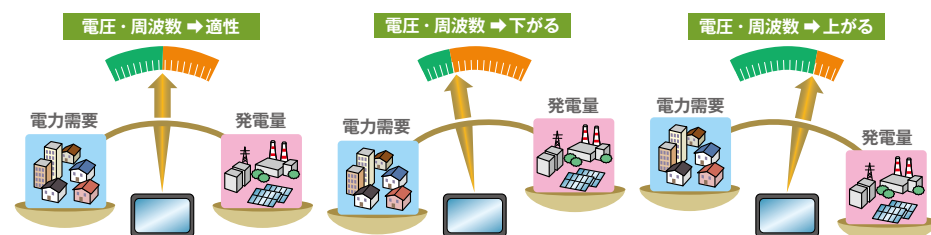
なる。その逆に消費量が発電量に比べて大きくなると、電圧も周波数も低くなる。家電製品は、この電圧や周波数の変化にある程度対応できるように製造されている。

発電所では、真夏の暑い日には発電量を増やし、大型連休など電力需要が減る時期には発電量を減らすことで調整している。もしこの調整をしなければ、電圧と周波数が大きく変動してあらゆる機器に影響が出るばかりでなく、電力ネットワーク自体がダウンする可能性もある。



国が計画している 2030 年度の電源構成。

出典：資源エネルギー庁ホームページより抜粋



電力需要と発電量のバランスが崩れると、私たちが使う電気の電圧や周波数が変化します。

圧管理の機器運用・制御を行う新たな手法（GEMS）も開発している。

「電力エネルギーを管理するには、日照時間や発電量、電気の使用量などを事

前に『予測するモデル』を立て、それで明日どんな発電設備をどれだけ動かすかという『運用計画』を立てなければなりません。EMSの頭脳には、時々刻々と変化する

条件の中で、常に先を読み、計画を細かく調整しながら、リアルタイムで最適に電力をコントロールする能力が求められます」と林さんは語る。

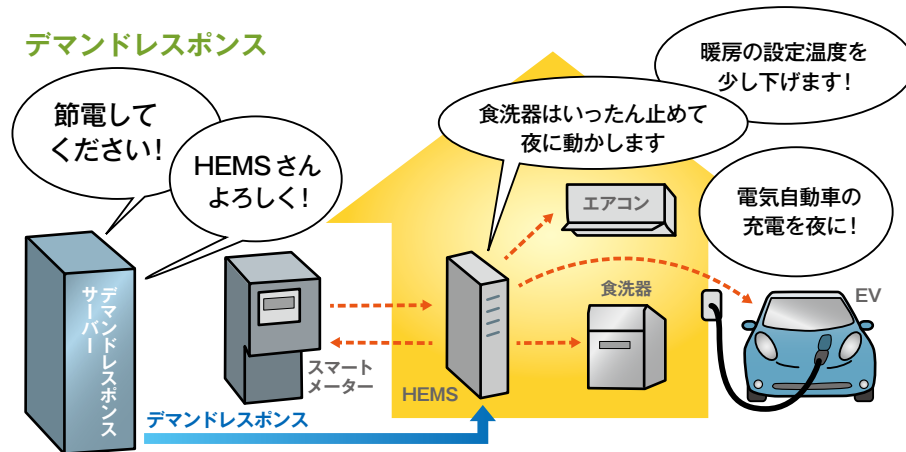
ネガワットとデマンドレスポンス

2015年から2020年にかけてさまざまな電力システムの改革が行われる。現在は4月にスタートした「電力小売全面自由化」が大きな話題を呼んでいるが、さらに先のエネルギー政策を見据えた制度や考え方も段階的に導入されていく。その中でも特に重要なのが「ネガワット」と「デマンドレスポンス」である。

■ネガワット

世界各国ではCO₂の排出量を減らすために、各国で省エネに努めなければならないが、その鍵となるのが節電だ。これまでの節電は電気を使わずに我慢するだけ

デマンドレスポンス



だったが、今後は節電に経済的な価値を与えて、節電した分を売り買いできるようになる。それが「ネガワット」という考え方で、日本でも2017年度には「ネガワット取引市場」がつけられる。逆に発電する分は「ポジワット」という。各家庭で節電したネガワットは、2023年までには各家庭に設置予定の「スマートメーター」で把握できるようになる。

■デマンドレスポンス

明日のスポーツ中継でテレビの電力消費が増えそうだというとき、これまでは電力会社が発電量を増やすことで対応してきた。将来は電気事業者が各家庭に電力

の消費を抑えるように要請するケースも出てくるだろう。といっても、テレビ中継を見ないでほしいと要請するわけではない。スマートメーターとHEMSを組み合わせ、エアコンの設定温度や照明の明るさを変えたり、他の時間帯に使っても生活の快適性を損なわない食洗機や洗濯機などのスイッチを止めたりする。システムが居住者の生活に支障ないように節電を賢く実行してくれるのである。このような、節電の要請とそれに応える仕組みを「デマンドレスポンス」という。電力需要が逼迫するような時間帯の電気料金を上げて、消費を抑えるようなことも考えられる。



実際に電気を流し、電気を使ってテストを繰り返す

林さんらが開発を進める次世代EMSの頭脳は、ネガワットやデマンドレスポンスにも対応する。

「今月から小売電気事業者ごとに時間帯別料金が導入され、家の電気を無駄なく賢く利用することが求められます。そのときHEMSは、時間帯ごとの電気料金と住人の行動やライフスタイルを見て、自動で電気の使用をコントロールします。さらに、電気事業者のデマンドレスポンスサーバーやGEMSなどと双方向通信も行います。全体を見ながら個々の家庭の電気を調整する。私たちは、そんなEMSの頭脳

を開発しています」。

EMS新宿実証センターの内部は大きく2つに分かれている。1つは、一戸建ての家、マンション、工場、電線、電柱から家庭への引き込み線などの電気設備や、電圧制御機器に実際に電気を流して模擬試験をするための配電系統シミュレーターだ。もう1つは、実際の家庭に見立てた4棟のユニットハウスで、それぞれの家の中にはスマートメーターも含めた家電機器が置いてあり、これらは日本が開発した次世代住宅に適した通信プロトコル「エコーネット・ライト」でHEMSにつながる。電気自

動車の充電器や蓄電池、ガスを使って発電する燃料電池なども備わっている。

「ここで太陽光発電をしながら家電を使う、蓄電池で家電を動かすなどの模擬実験を行っています。各家庭で発電したり使ったりする電気が、施設内の電力ネットワークに及ぼす影響なども試験します。この設備の特徴は、コンピューター上でシミュレーションをするのではなく、実際に電気を流して実験できる点です。電圧制御機器は、東京電力が実際に使っているものと同じ制御方式で、その設定値は、私たちが最適なものを実験して導き出しています」。

次世代EMSが引き寄せる快適でエコな未来

林さんのチームは、大学の研究者を中核にして、電力会社のほか、自動車メーカー、住宅メーカー、電気機器メーカーなど約40社が集まって共同で研究を進めている。

「多くの企業と共同研究しているので、実用化は難しいと考えています。実際に電気を流して実験できる設備は、世界

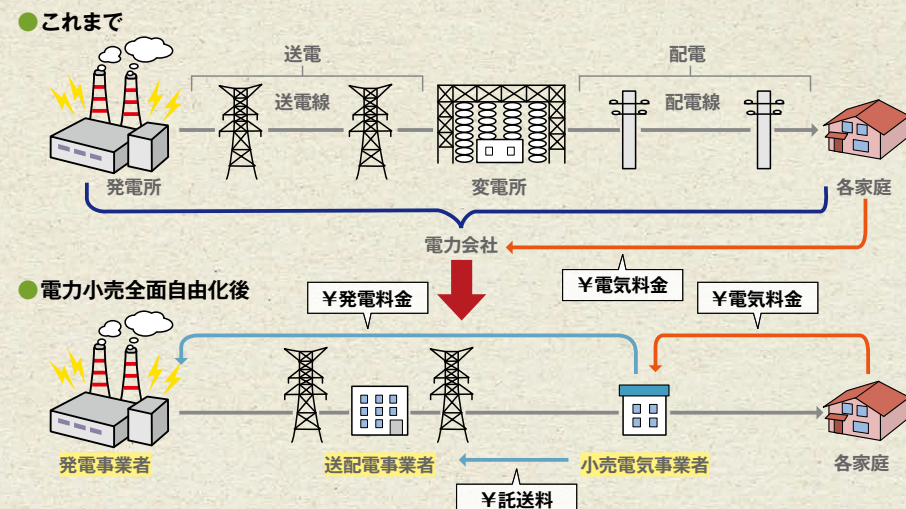
でもここにしかないはずです」。

太陽光発電装置や蓄電池を備えた住宅が増え、高度な頭脳を備えたHEMSがスマートメーターと連携して家庭の電力を管理する時代が間もなくやって来ようとしている。EMSだけで環境問題やエネルギー問題がすべて解決できるわけではな

い。しかしEMSが、環境にやさしく、豊かで快適な社会の実現の大きな力になることは間違いない。

スタートした「電力小売全面自由化」

これまで、家庭などでは契約できる電力会社が地域ごとに決められていたが、4月から始まった「電力小売全面自由化」で、一般家庭でも複数の電力会社から選べるようになった。電気事業者は「発電事業者」「送配電事業者」「小売電気事業者」の3つに分割され、新たに家庭用電力小売事業に参入する電気事業者は「発電事業」と「電力小売事業」のいずれか、または両方を担う。送配電事業は、今後しばらく各地域の電力会社が行うが、これも2020年4月までには送配電部門を別会社化するなどして、発電と送電を分離することになっている。



スマートハウスと名付けられたユニットハウス。中には次世代HEMSでコントロールされる各種の家電機器が備えられている。



電気自動車やプラグインハイブリッド車に充電する設備もある。



スマートメーター。2023年までに、全国に設置される予定。



曇り空でも心配無用
気まぐれな

太陽光発電を制御 理論で支援

住宅の屋根に太陽光発電パネルをよく見かけるようになった。太陽の恵みを社会の電力ネットワークにうまく組み込み、無駄なく効率的に利用するための技術開発が進んでいる。天気によって左右されるだけに、発電量の予測や火力発電所の稼働計画など、関連し合う多様な課題にきめ細かく配慮し、賢く使いこなさなければならない。東京工業大学の井村順一教授らの研究チームは、太陽光発電を組み込んだ電力ネットワーク全体を制御する理論の構築をめざしている。

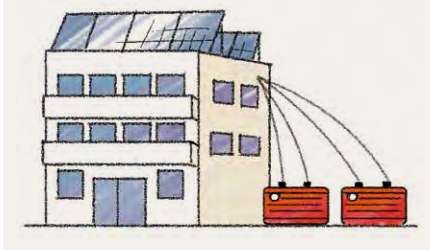
☀️ 新たな電力ネットワークを制御するシステム理論の構築

東日本大震災以降、日本では太陽光発電装置の導入が急速に進んでいる。2015年には太陽光発電の総導入容量が23ギガ(ギガは10億)ワットを超え、ドイツ、中国に次いで世界第3位になった。発電所でつくられた大量の電気は蓄えることができないの

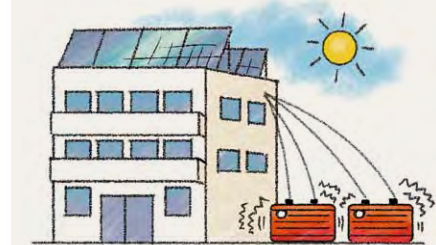
で、発電するやいなや使われる。しかし電気の需要は地域や時期、時間で大きく変わる。太陽光発電ではさらに天候にも左右される。その変化に応じ、発電所と工場やオフィス、家庭を結ぶ網の目のような電力ネットワークを通して電気をバランスよく安定的に供給しなければならない。東京工業大学教授の井村順一さんは、太陽光発電を組み込んだ新

たな電力ネットワークを想定し、それを制御するシステム理論の研究を進めている。研究内容を、野原に建つ送電線のないマンションで例えてみよう。

① 送電線がない野原の真ん中に、10世帯が住むマンションが建っていました。このマンションは、太陽光発電装置と2台の自家火力発電機の電力を使っています。



② 昼間は太陽光で発電します。日照量が少なくなったら、火力発電機で補いますが、すぐには発電できません。前もってエンジンをゆっくり動かし(アイドリング)、いざというときに最大出力で発電できるようスタンバイさせておく必要があります。

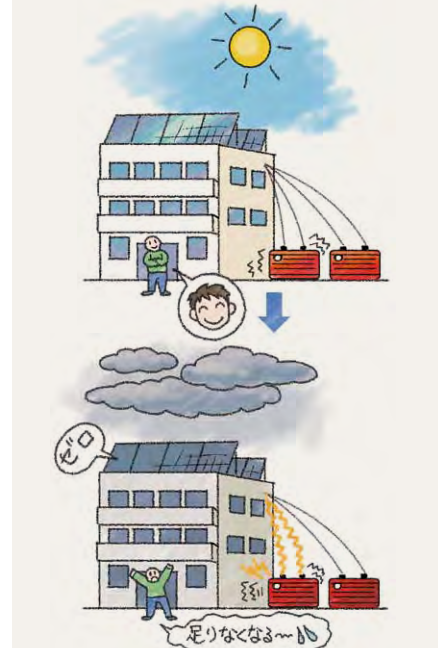


③ ある朝の天気予報は快晴でした。マンションの発電担当者は、太陽光でたくさん発電できると、アイドリングさせる火力発電機を1台だけにしました。ところが、昼に急に雲が出てきて太陽光

☀️ 2030年の太陽光発電量を政府目標の2倍に想定

政府が目標とする2030年度の太陽光発電の導入容量は64ギガワットだが、井村さんらが想定しているのは、そのほぼ倍の

発電はゼロになり、火力発電機1台では電力が足りなくなっていました。



④ 慌てて2台目の火力発電機の準備を始めましたが、とても間に合いません。

そうありません。各部屋の住人に節電をお願いし、何とか停電の危機を乗り切ることができました。



「急に曇っても、火力発電機を2台ともスタンバイしておいたら慌てずに済むのですが、アイドリングは余計な燃料を消費し、二酸化炭素も排出するので、1台のみにしていたのです。現実の電力会社でも同じです。すぐに稼働できる小型の火力発電機もありますが、大型のものは前日から準備しておく必要があるのです。この段取りを間違えると、例え話のように多くの人に迷惑をかけることになってしまいます」と井村さんが説明した。



井村 順一 いむら・じゅんいち
東京工業大学大学院 教授

1992年、京都大学大学院工学研究科博士課程中途退学、博士(工学)。同年同大学工学部機械工学科助手、96年広島大学工学部助教授、2001年東京工業大学大学院情報理工学研究科助教授を経て04年より同大学院教授。16年4月より現職。12年よりCREST研究代表者。

ギー値(積算値)では1日の全消費エネルギーの約10パーセントになりますが、それでもかなりの発電量です。厚い雲がかかると発電量がいきなり落ち、薄曇りのときは、発電量が細かく上下する(図1)。将来、電力ネットワークに太陽光発電が多く入ってくると、マンションの例え話のような緊急事態が、もっと広い範囲で起こる可能性があるわけです。

井村さんたちの研究目標の1つは「太陽光発電を組み入れた電力ネットワーク全体を制御する新しいシステム理論の構築」である。具体的には次のようになる。

(1) 不安定な太陽光発電を補う火力発電機をどう動かすか。

太陽光発電の予測や火力発電機のアイドリング稼働率を決定するための、精度の高い予測や無駄の少ない計画を立てる理論。

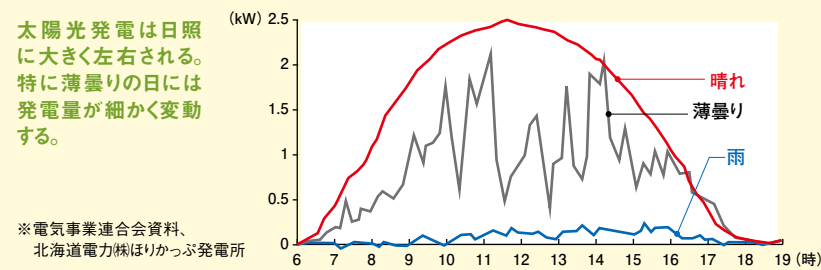
(2) 蓄電池をどう使うか。

太陽光発電は日中に多く発電するが、電力消費のピークが来るのは太陽が沈む夕方だ。日中に余った電気を蓄電池に貯めて夕方に使えるように、太陽光の発電量を考慮して蓄電池の充放電を制御する理論。マンションの例では、蓄電池があれば、火力発電機がスタンバイするまでの間は太陽光発電で貯めた電気を使うことができる。

(3) ユーザーの消費電力をどう制御するか。

それでも電気が足りなくなったら、ユーザーに節電してもらうしかない。デマンドレスポンス(需要側の対応)の仕組み(6ページ参照)を使って、ユーザーの消費電力を制御する理論。

図1 太陽光発電の発電量の変動(春)



太陽光発電の「大外れ」を予測する

もう1つの研究目標は「精度の高い予測技術の開発」だ。太陽光による発電量の予測技術は盛んに研究されているが、その精度は十分ではなく、かなりの誤差が出る。その予測誤差を小さくすることが課題である。

「どのようにして予測の大外れをなくするか。電気は発電した瞬間に家庭のコンセントに伝わるので、発電量と消費量がいつも釣り合っていないけません。一瞬でも予測を大きく外れると、最悪の場合には大停電が起きます。そこで考えたのが『大外れ予測』です。

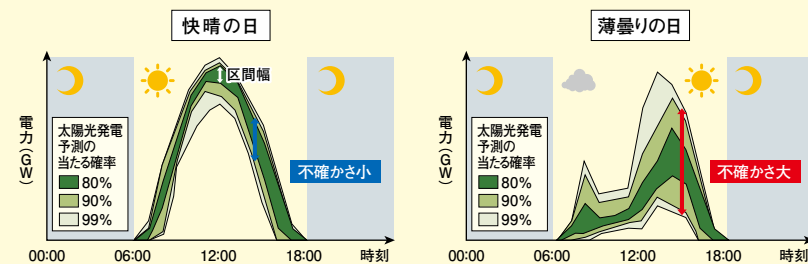
単純な太陽光発電予測は、「〇月〇日の〇時に何キロワット発電できる」という情報を出すだけです。太陽光発電予測の当たる確率を加えます。例えば快晴の日(図2左)は、予測発電量に対する不確かさは小さく、発電量がほぼ正確に予測できることがわかります。逆に薄曇りの日

(図2右)では、予測発電量に対する不確かさが大きく、発電量予測に大きな幅があります。

薄曇りの日の予測は難しく、大外れが起こりやすいので、火力発電機を多めに準備しておく必要があります。

図2 快晴の日と薄曇りの日の電力予測

快晴の日は、雲がないため日射量の予測が容易になり、グラフ中の太陽光発電予測の区間幅が狭い(不確かさが小さく正確に予測可能)が、薄曇りの日や天気急変の場合は雲の発生量の予測が難しいため、グラフの予測区間幅が広く、不確かさが大きな予測になってしまう。



山口 順之 やまぐち・のぶき 東京理科大学工学部電気工学科 講師

2002年、北海道大学大学院工学研究科博士課程修了、博士(工学)。同年電力中央研究所研究員、03年同研究所主任研究員を経て15年より現職。この間、08年米国ローレンス・バークレー国立研究所客員研究員、12年早稲田大学先進グリッド技術研究所招聘研究員。13年よりCREST主たる共同研究者。



異分野の専門家が議論できる電力コラボレーションルーム

研究チームは12のグループで構成されており(図3)、12の個別理論を連携させて1つの大きな統合理論にすることが目標だ。「各グループが作ったコンピュータープログラムが1つのソフトウェアに統合されるイメージです」と井村さんは言う。

「しかし、12のプログラムすべてがまとまって動くことはありません。2つか3つのプログラムにデータを入力して一度に動かす形で試行錯誤しながらの作業になるので、12グループの研究者が一堂に会し、その場ですぐに検証できる場所が必要です。東京理科大学葛飾キャンパスに設けた『電力コラボレーションルーム』に、気象、電力、送電網など大規模なデータを扱える高性能コンピューターを備え、シミュレーションするための基盤を構築しているところです。

現実の世界では、理論ではとても捉えきれないことが起こる。理論は数式で表され、理想化された条件で問題を解くので、現実に適用しても有効に使えとは限らないのだ。シミュレーションを繰り返して有効性を確認しながら、柔軟に理論を仕上げていかなければならない。

電力コラボレーションルームを担当するのは、東京理科大学講師の山口順之さんだ。

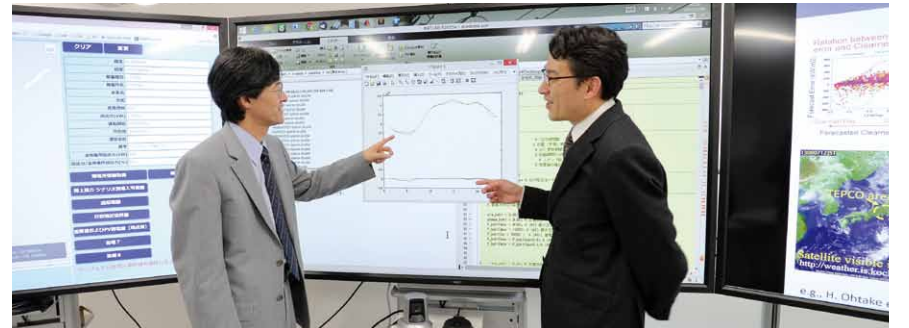
「電力の専門家が気象のプログラムを見て正しいかどうかを判断することは困難です。分野の異なる専門家が意見を出し合い、個々のプログラムを修正しながら1つの大きなシステムを構築していくために、異分野の専門家が集まって作業できる電力コラボレーションルームが必要なのです」。

井村さんも「研究者同士がそれぞれの問題点を持ち寄り、全体のシステムを視野に入れながら1つ1つ問題を解決して

いく地道な作業の繰り返しがとても大切なのです」と言う。

2050年までに、現在の目標の3倍以上となる330ギガワットの太陽光発電も視野に入れて開発を進めている。膨大な

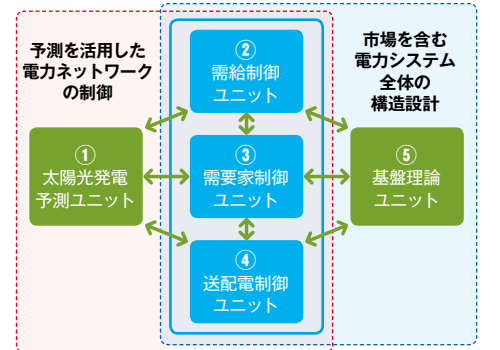
太陽光発電の電気を組み入れた新たな電力ネットワークとそれを制御するシステム理論によって、全国の家庭へクリーンエネルギーを安全かつ確実に届ける——それが井村さんたちの最終目標である。



電力コラボレーションルームの井村さん(左)と山口さん(右)。

図3 研究体制 12の研究グループは5つの研究ユニットにまとめられている。

- ①太陽光発電予測ユニット：高精度の太陽光発電予測技術の開発。
- ②需給制御ユニット：電力の需給安定させるために火力発電機をどのように制御するかの研究。
- ③需要家制御ユニット：ユーザーの消費電力や、太陽光で発電した電気を貯めておく蓄電池の制御などの研究。
- ④送配電制御ユニット：発電した電気をユーザーに送り届ける送電網、配電網の制御などの研究。
- ⑤基盤理論ユニット：電力システムの全体設計。



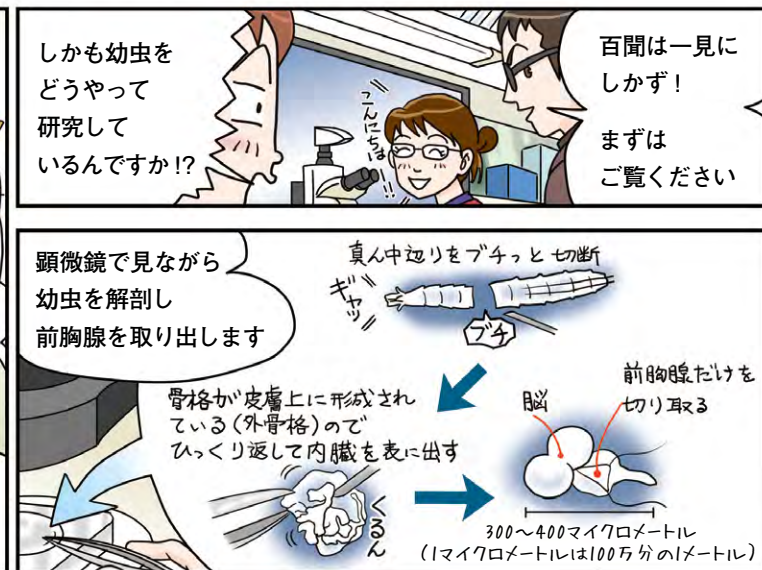
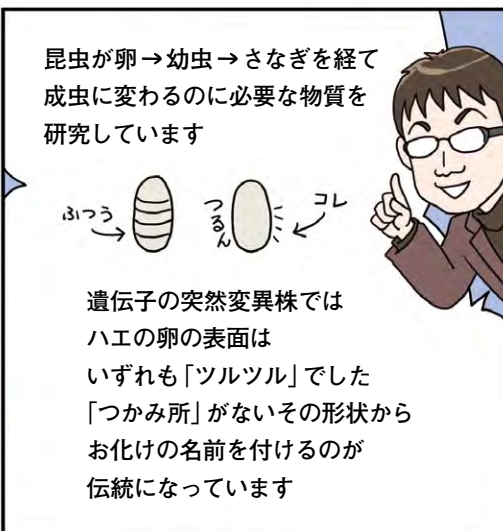
12の研究グループ(グループリーダー)

- 井村 順一(東京工業大学、研究代表者)：中間層型電力系統制御基礎論
- 東 俊一(京都大学)：需要制御基礎論の構築
- 植田 謙(東京理科大学、ユニット③リーダー、電力コラボレーションルーム担当)：多様性を利用した調和的EMS
- 太田 快人(京都大学)：送配電効率化・電力高品質化へ向けた理論構築と検証に関する研究
- 児島 晃(首都大学東京)：情報更新型システム制御法
- 杉原 英治(大阪大学、ユニット④リーダー)：送配電系統における中間層の価値評価基盤技術の構築
- 鈴木 秀幸(大阪大学)：電力系統と太陽光発電予測の非線形科学
- 造賀 芳文(広島大学)：パワーエレクトロニクスの高活用化によるフレキシブルグリッドの構築
- 原 辰次(東京大学、ユニット⑤リーダー)：階層型分散アグリゲータの開発
- 益田 泰輔(名城大学、ユニット②リーダー)：次々世代電力系統需給制御
- 村田 晃伸(産業技術総合研究所、ユニット①リーダー)：時空間領域の高精度太陽光発電予測・把握技術
- 山口 順之(東京理科大学、電力コラボレーションルーム担当)：電力市場モデルによる中間層評価



全体会議に出席した12グループの研究者。

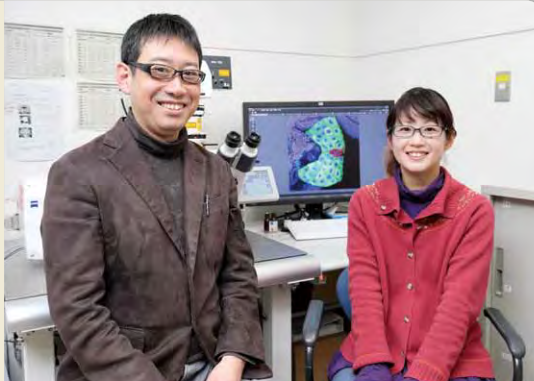
お化けを呼ぶハエ?



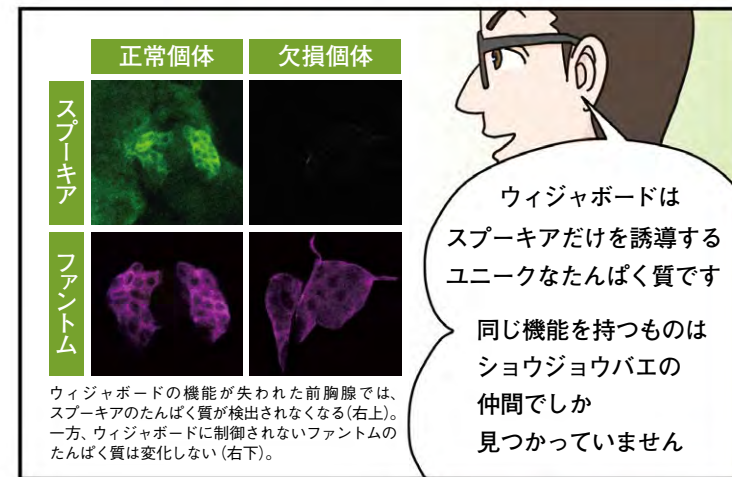
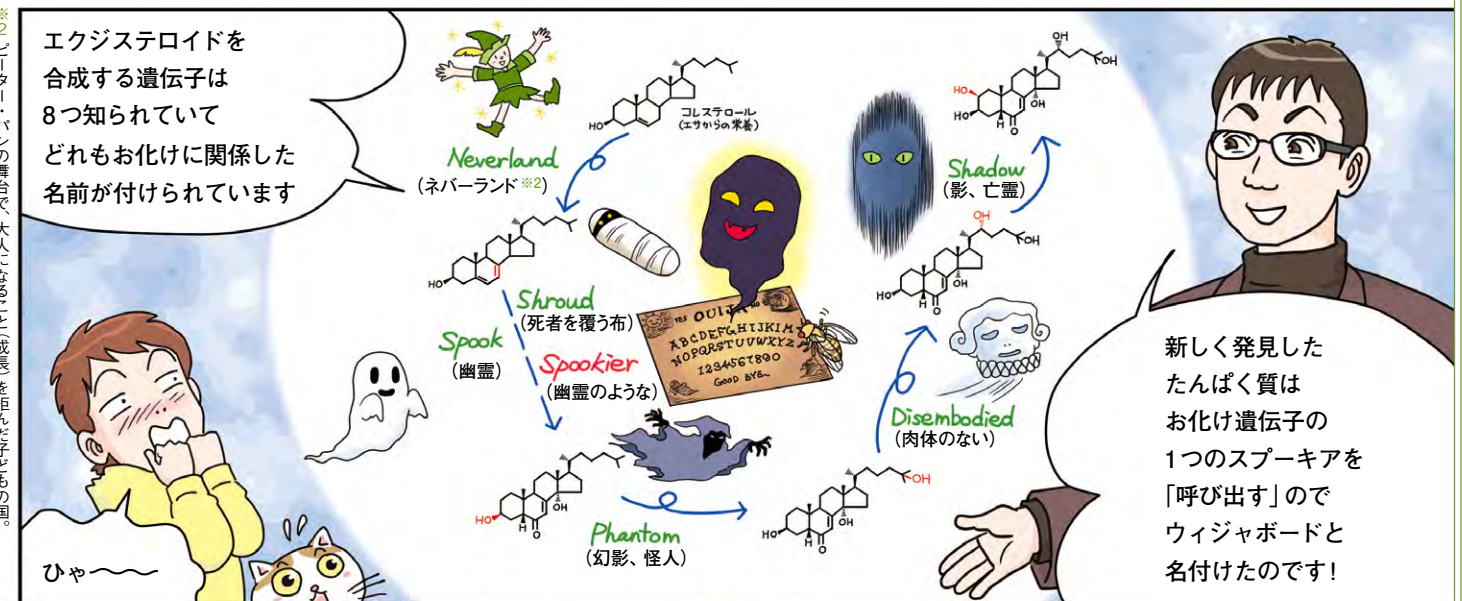
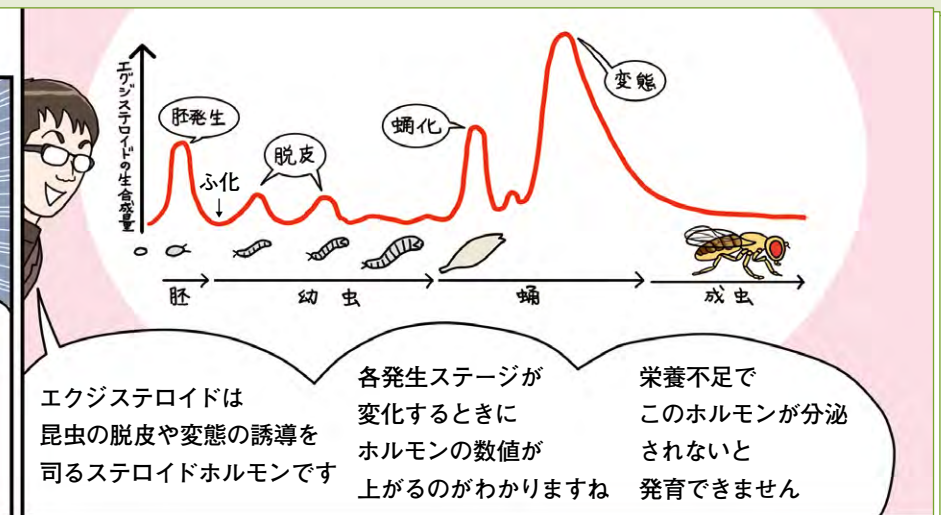
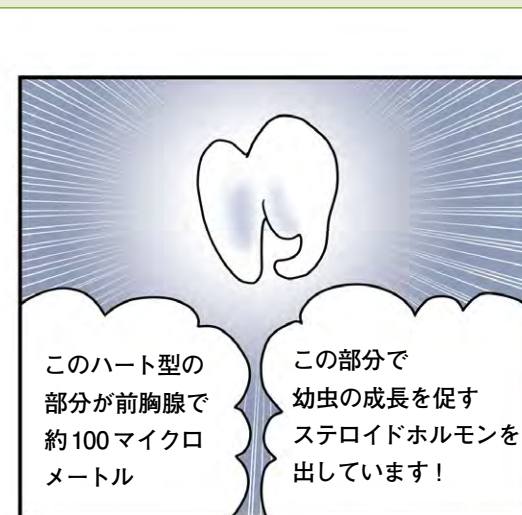
お化け遺伝子を呼び出すたんぱく質「ウィジャボード」を発見

生物の発育過程における調節作用の分子メカニズムには不明な点が多い。丹羽さんらは、モデル生物であるショウジョウバエを用いて、昆虫の脱皮や変態に必要なステロイドホルモンを研究している。「脱皮ホルモン」と呼ばれるステロイドホルモン「エクジステロイド」に注目し、その生合成に重要な役割を担うたんぱく質「ウィジャボード」や、エクジステロイド生合成器官内のコレステロール動態調節に必要な遺伝子「ノッペラボー」を発見した。丹羽さんらはステロイドホルモンの生合成に関わる分子メカニズムの解明をめざしており、その新たな知見は特定の昆虫だけに効く農薬の開発などに役立つと期待される。

丹羽さん(左)と、共同研究者で奥様の島田(丹羽)裕子・筑波大学研究員。



※1 西洋版「こっくりさん」で使う、霊を呼び出す文字盤



イネの遺伝子を使ってポプラの木質を強化 バイオ燃料の生産効率向上や高強度木材の開発に期待

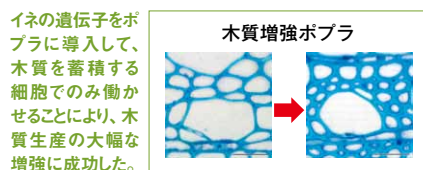
二酸化炭素の排出を削減して地球温暖化を緩和させるには、植物由来の燃料や材料を最大限に活用し、石油の消費を抑えることが重要です。植物由来の燃料としてはデンプンを原料としたバイオエタノールが最も一般的ですが、食糧生産との競合が懸念されています。そこで木質を原料としたバイオエタノール生産が注目されていますが、エネルギー収支やコスト面の観点から実用化は容易ではなく、植物を改変して木質の生産性を改善することが求められています。

産業技術総合研究所生物プロセス研究部門の光田展隆主任研究員らは、イネの木質生産を制御している遺伝子をポプラに導入することで、木質生産性を約4割向上させることに成功しました。

木質は木だけではなく、イネを含むあらゆる植物が大量に生産しています。光田主任研

究員らは、さまざまな植物の木質生産を制御する遺伝子を研究する中で、イネの遺伝子が特に強い活性を持っていることを発見し、ポプラに導入しました。木質の蓄積が増加すると成長が阻害される事例が多いですが、木質を蓄積する細胞でのみ導入遺伝子が働くようにすることで、成長に悪影響を及ぼさことなく大幅に木質生産性を改善できました。遺伝子組換えポプラでは木質の蓄積が増えることで約4割密度が向上し、木材の強度も約6割向上していました。単に木質の生産性を改善しただけでなく、船舶での輸送コストを改善する効果も見込まれるほか、強度を向上させた新しい建築資材としての可能性も期待されます。

単子葉植物は木に比べて短期間で成長することから、強力な木質生産能力を持っていると考えられます。日本はイネをはじめとしてタケやススキなど多くのユニークな単子葉植物資源



に恵まれています。また、国土の3分の2が森林で覆われている森林資源大国でもあります。日本独自の遺伝子資源と最先端技術を活用して世界中の木の木質生産能力を向上できるようにすれば、面目躍如となるはずです。

シリセンの二層化に成功 大気中でも安定 超高速電子デバイス新材料として期待

グラフェンを超える新機能材料として注目されるシリセンが、化学的に安定したナノシリコン材料であることが明らかになりました。シリセンは、シリコン原子が蜂巣格子状に組まれた原子シートで、いわばグラフェンのシリコン版です。一層のシリセンは大気中で酸化分解してしまうため超高速電子デバイスへの応用が困難でしたが、豊田中央研究所の中野秀之主席研究員らは、大気中でも安定して取り扱うことの

できる二層シリセンの合成に成功しました。

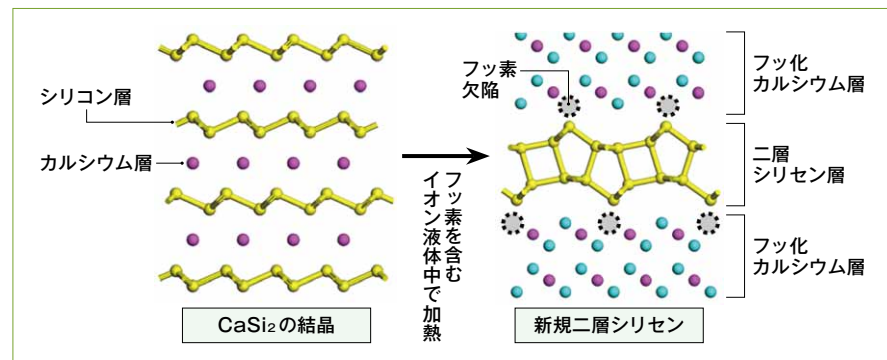
グラフェンは炭素原子がシート状に並んだ物質です。電子が非常に速く移動できる性質がありますが、半導体デバイス構築に必要なエネルギーバンドギャップがないため、応用が限定されています。エネルギーバンドギャップとは電子が存在できない領域のことで、半導体デバイスはこの領域にさまざまな機能を持たせます。炭素と同族元素であるシ

リコンを用いたシリセンは、グラフェンと同様に電子の移動が高速なうえ、グラフェンにはないエネルギーバンドギャップがありますが、一層のシリセンは大気中で酸化分解しやすいことが課題でした。

中野研究員らは、シリセンとカルシウムが交互に積み重なったニケイ化カルシウム (CaSi_2) をフッ素を含むイオン液体中で加熱処理することで、カルシウム層のみをフッ素化する合成手法を確立しました。カルシウム層がフッ素化すると、シリセンは一層では存在できなくなり、安定した二層構造として再配列しました。

一層シリセンの酸化分解の原因は、共有結合の手が空いている原子が多数存在するためでしたが、二層シリセンでは25パーセントまで減少し、大気中でも安定して扱えることがわかりました。

超高速電子デバイスや二次電池の電極材料への幅広い応用展開が期待されます。



4月20日 常設展がオープン以来の本格的なリニューアル 未来館での体験を、あなたや地球の未来に生かそう

日本科学未来館は開館15周年を迎える今年、常設展をオープン以来、本格的にリニューアルします。

新しい展示は知識や情報を提供するだけでなく、科学技術の未来について来館者の思いを引き出し、共に議論し、社会や地球をめぐる問題解決の行動につなげることをめざします。

「100億人でサバイバル」は、地震や異常気象、原発事故など実際に起こった災害による被害をリアルに感じ、命の危険が身

近に存在することを知るとともに、身を守るために予測不可能な災害が起こる仕組みを理解する展示です。

「未来逆算思考」では、温暖化がストップした地球や貧困のない地球など50年後の理想の地球を8つの選択肢から選び、実現のために必要な科学技術や社会システム、ライフスタイルを、理想の未来から逆算してゲーム形式で考えます。

ドームシアターで新しく上映されるのは、物理

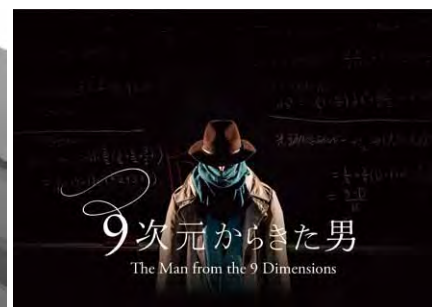
学の究極の目標である「万物の理論」をテーマにした3Dドーム映像作品、『9次元からきた男』。難解な数式で表現される理論物理学の最前線を、映画監督の清水崇氏による実写と精緻なCGを融合させた演出で体感できます。

この他にも、来館者が科学技術や地球とのつながりを実感できる展示が新登場。「ノーベルQ ノーベル賞受賞者たちの『問い』」では、「科学でどうしてもわからないことってなんだろう?」や「いつまでも好奇心を持ち続けるにはどうしたらいいのかな?」と、科学技術で世界を変えたノーベル賞受賞者が来館者に問いかけます。未来館のシンボル展示「ジオ・コスモス」では、新たなツール「ジオ・プリズム」によって人間活動の様子などを重ねて映し出せるようになり、自分と地球とのつながりをより深く感じられるようになりました。

リニューアルオープンの4月20日から24日まで、常設展の入場とドームシアターの鑑賞が無料になります。科学技術の現在と未来に触れる絶好の機会です。



「100億人でサバイバル」のイメージ図。21世紀に暮らす私たちは、どのように災害に向き合えばよいか、共に考える。



映画「呪怨」の清水崇監督が演出した3D映像作品『9次元からきた男』も新たに上映。

インドネシアのガス田から発生する二酸化炭素を地中に貯留 東南アジア初の事業化をめざす

昨年12月の気候変動枠組み条約第21回締約国会議(COP21)では温暖化ガスの各国の削減目標が示され、その実現に国際的な協力が求められています。この温暖化ガスの削減法として注目されているのが、二酸化炭素を分離・回収して地下に貯留する技術(CCS)です。

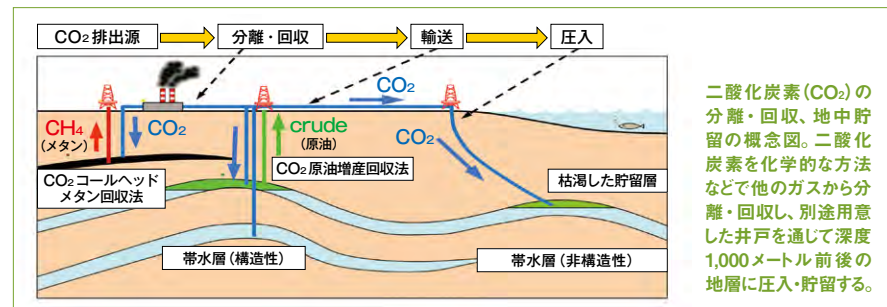
経済成長の著しいアジアでは、二酸化炭素など温暖化ガスの排出量の急増が懸念されています。インドネシアではこれまで、ガス田から生産される天然ガスに伴って発生する温暖化ガスが、そのまま大気中に放散されていました。

京都大学学際融合教育研究推進センターの松岡俊文特任教授を中心とする研究グループは、地質・地球物理学的手法を用いて二酸化炭素を貯留できる対象地層を評価・選定し、分離・回収・貯留のための地上設備の概念設計をしています。この研究

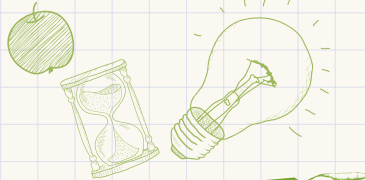
は、インドネシアのバンドン工科大学を中心とする研究機関と連携し、インドネシア国営石油会社であるPERTAMINA(プルタミナ)の全面的な支援を受けています。2月18日には国際シンポジウム「CCSの現状と今後の展望」を開催して、アジア各国におけるCCSの研究開発の現状や事業化に向けた課題について議論を深め、今後どのように発展さ

せていくかについて意見を交わしました。

研究グループは政府と企業が一体となった東南アジア初のCCS事業をめざしています。インドネシアの温暖化ガス削減への国際的な貢献とともに、新しいガス田のクリーンな開発が促進され、将来はインドネシアだけでなく、日本へのエネルギー資源の安定供給にもつながると期待されています。



二酸化炭素(CO₂)の分離・回収、地中貯留の概念図。二酸化炭素を化学的な方法などで他のガスから分離・回収し、別途用意した井戸を通じて深度1,000メートル前後の地層に圧入・貯留する。



さがける

科学人

Vol.48

孤高のものづくりで、医療を変える



Ikeuchi Masashi

池内 真志

東京大学
先端科学技術研究センター 講師

Profile

京都市出身。2001年京都大学工学部物理工学科卒業。06年名古屋大学大学院工学研究科で博士(工学)を取得。名古屋大学グローバルCOEプログラム特任助教、東京大学助教、JSTさがけ研究員(兼任)などを経て、15年より現職。産学連携ネットワーク研究を積極的に実践する一方、第9回科学技術の「美」パネル展優秀賞を受賞するなど、多才。趣味はキャンプ、楽器演奏。

PHOTO: 櫻井逸生

ゼロからの発想を大切に

液状のプラスチックに紫外線を当てると固化します。この性質を生かした光造形技術や、プラスチックの薄い膜を立体的に成型する独自の技術を使って、小さく精密なものを作り、医療に応用しています。人工毛細血管や指先サイズの細胞培養装置が代表例です。

便利な市販のソフトや道具を使ったり、外注したりすれば早いのですが、それでは皆と同じ土俵での勝負になってしまいます。独自のデバイスを生むには、ゼロから自分の手でものを作る経験の積み重ねがモノを言います。

3歳の息子にも同じことを伝えています。電車のおもちゃを欲しがれば、買い与えずに、一緒に作ります。厚紙に電車の展開図を描き、はさみで切って組み立て、模様を描き、さまざまな電車に仕上げます。想像力を刺激しながら、ゼロから作ることに意味があるのです。

ゼロから考え、必要なものを作る。課題を抽出し、改善案を試す。反応を見てさらに改善する。この発想のルーツは、少年時代のボーイスカウト活動にあります。何もない野山に放り出され、最初は食事をもとにとれません。それでもめげずに、棚を作って薪を水没から防ぎ、落ち葉や新聞を敷いて床を整えるなど、仲間とともに創意工夫して、改善案を試す。結果が跳ね返ってきて、また試す。それを繰り返すうちに、みるみる快適な環境へと変わります。

既存の枠組みが邪魔になるのは、進路も同じです。文系、理系、物理好き、生物好き、と古い枠に当てはめられない方がいい。やりたいことが多ければ、すべてを満たす研究分野を自分で作ればいい。その自由こそが、研究者がブレークスルーを生む下地になるはずだ。

僕は大学進学を前に「医学」と「ものづくり」に強くひかれ、医療に役立つマイクロマ

ボーイスカウト仲間と。後ろから2列目、右から2番目が池内さん。



シンを作ろうと物理工学科に進みました。化学や生物はカリキュラムになかったので他学部の講義を受け、さらに図書館で論文を読みあさり、DNAを作る小さなデバイスを作り上げました。この経験のおかげで、分野を越えて知を吸収する楽しさを知りました。

核を持ちつつ一歩外へ

1つの分野を深く掘り進むことも大切ですが、世の中が必要とする研究は時代ごとに移り変わります。核になるものは大切にしながらも、社会の変化に柔軟に対応していくためのアンテナを高く張るように心がけています。

休日は、博士研究員時代に始めたトランペットで、仲間とバンド演奏をして過ごします。初めは狙った音が出ず苦労しました。面白いと思ったら挑戦したくなるのは、研究でも趣味でも同じですね。もしも自由な時間をもらえるならば、大学1年生になってまったく違う分野を学びたい。ブレークスルーのチャンスがたくさんありそうでワクワクします。

ものづくりでは常に実用化を意識して進めます。他人が追随できない独自の技術を極めてから、一歩だけよその領域に踏み込んで勉強し、具体的に提案します。

異分野の学会やJSTの交流会には積極的に参加します。会話から互いの予想を超える新たなアイデアが生まれるのが醍醐味です。新しい技術は、新しいニーズを生みます。既存のニーズを満たすものづくりより、性に合っています。僕が発想したものを皆さんに使ってもらえるように、これからも研究に磨きをかけていきます。

(執筆: 松山桃世 JST 広報課)

戦略的創造研究推進事業さがけ「ナノシステムと機能創発」領域
研究課題「膜マイクロマシニング技術を基盤とする共創的再生医療プラットフォームの構築」

再生医療に向けて、体外で臓器を再生させるには、細胞に酸素や栄養を与え続ける人工毛細血管が必要です。「薄膜微細流路成型法(MeME)」と呼ばれる新しい微細加工プロセスで血管を作製し、細胞の増殖や分化を制御する仕組みを作っています。

ゼロからのものづくりを支える四軸微細加工機にも、独自アイデアが詰まっている。



リサイクル適性(A)
この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。

270
古紙/バブル配合率70%再生紙を使用

JSTnews

April 2016

発行日/平成28年4月1日
編集発行/国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)総務部広報課
〒102-8666東京都千代田区四番町5-3サイエンスプラザ
電話/03-5214-8404 FAX/03-5214-8432
E-mail/jstnews@jst.go.jp ホームページ/http://www.jst.go.jp
JSTnews/http://www.jst.go.jp/pr/jst-news/



最新号・バックナンバー