

都市の電力を一括管理する

次世代 EMS

エネルギー管理システム

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

発電量と電力需要の不均衡が及ぼす影響

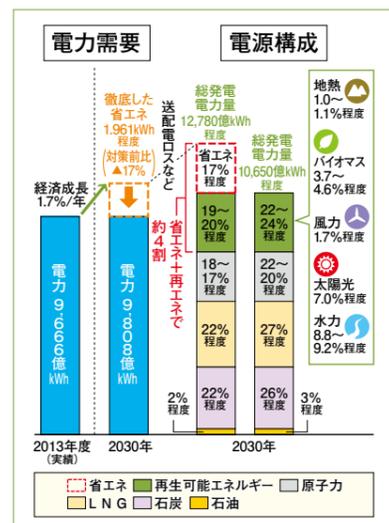
日本ではこれまで火力と原子力を中心に電力が供給されてきたが、東日本大震災以後、太陽光と風力などの再生可能エ

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力量 (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。

家庭の太陽光発電の電気を管理する HEMS

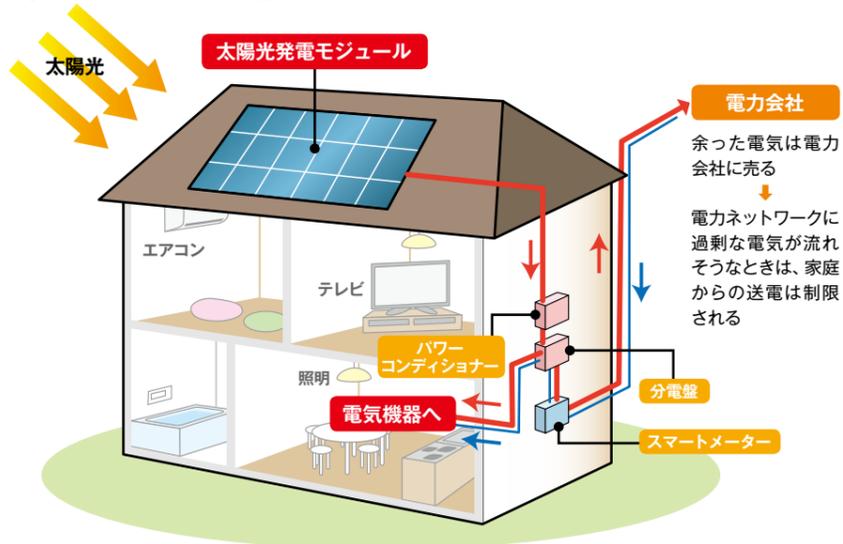
電力会社の電力ネットワークに、太陽光発電や風力発電など、天候によって発電量が変動し、不安定な電気が大量に入ってくると、その調整は複雑になる。太陽光発電装置を取り付けた家庭の例で見てみよう。

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。



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。



配電システムシミュレーター

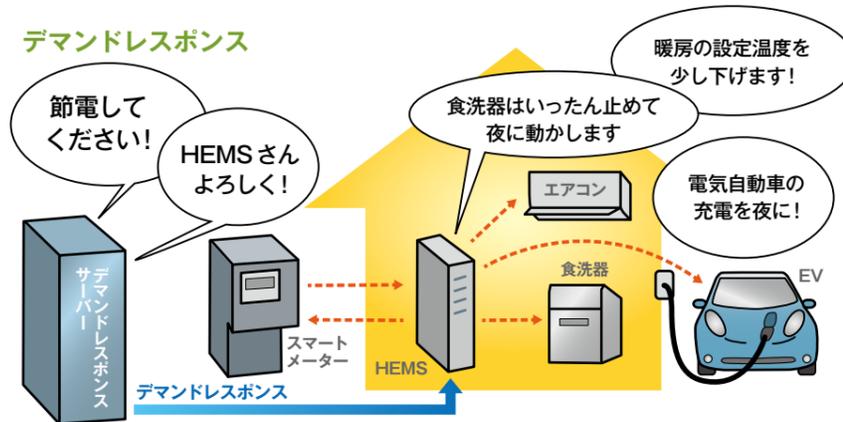
ネガワットとデマンドレスポンス

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

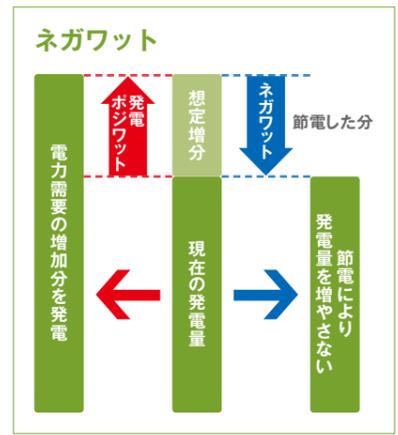


だったが、今後は節電に経済的な価値を与えて、節電した分を売り買いできるようになる。それが「ネガワット」という考え方で、日本でも2017年度には「ネガワット取引市場」がつけられる。逆に発電する分は「ポジワット」という。各家庭で節電したネガワットは、2023年までには各家庭に設置予定の「スマートメーター」で把握できるようになる。

■デマンドレスポンス

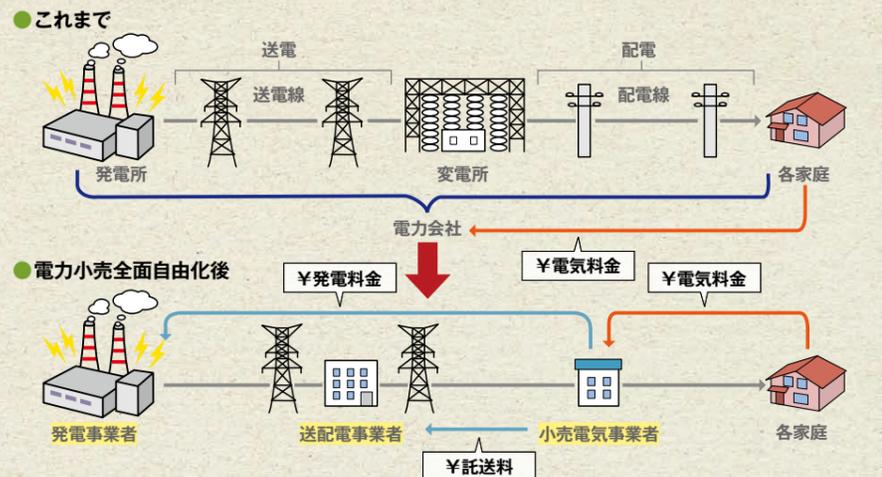
明日のスポーツ中継でテレビの電力消費が増えそうだとするとき、これまでは電力会社が発電量を増やすことで対応してきた。将来は電気事業者が各家庭に電力

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。



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。



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を導入され、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システムシミュレーターだ。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だ」。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く。



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。

スマートメーター。2023年までに、全国に設置される予定。

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。