

# 低炭素社会を支える 日本型スマートグリッド —次世代グリッド(TIIPS)—

電力中央研究所「電気と環境のフォーラム」

## 1 低炭素社会における 電力供給・ 利用システムの姿

低炭素社会の実現のためには、「省エネルギー・エネルギーの効率的利用」「エネルギー利用における直接燃焼からの転換」「低炭素排出エネルギー源の利用」の3つが重要となる。電気の利用はこれらの推進の大きな力となり、その果たす役割はますます重要になると考えられる。

低炭素電化社会の実現に向けて、それを支える電力供給・利用インフラについても新たな高度化が必要となる。21世紀中葉における

電力供給・利用インフラのあるべき姿は以下に集約されるものと考えられる。

① 安定運用を確保し、大規模停電のリスクが極力小さいこと。特に擾乱・停電回復力に優れていること。

② 再生可能エネルギー（主として太陽光発電（PV））の円滑な導入と有効活用を可能とすること。

③ 省エネ・エネルギー有効利用を需要家と一体的に実現可能とすること。

①については、出力が不安定な再生可能エネルギー電源の導入拡大などにより、電力供給面での不

確実性が増す一方で、オール電化住宅の普及や情報化の進展など、高度電化社会において電気の品質維持と停電防止の重要度が一層高まる。このよう

な中で、系統擾乱時の安定性確保、系統事故時における停電区間の極小化、復旧の迅速化などが一層重要になる。また、停電リスク回避のためには需要家との役割分担も視野に入ってくる。

②については、国の2030年におけるPV5300万kWの導入目標[1]に代表されるように、再生可能エネルギー発電の大量導入とその有効利用を可能とするよう

なインフラを目指すことを示す。PV5300万kWという値は、現在運転中の原子力発電設備容量を若干上回る極めて大きな量であり、電気事業用の全発電設備容量の2割を超える。PVは、わが国の場合、定格1kWのシステムを設置すると、年間で約1000kWhの発電電力量が得られる。従って、5300万kWが設置されると、年間の総発電電力量は、約530億kWhとなる。発電電力量で見ると現状での年間総量の約5%程度となる。これによつて削減できるCO<sub>2</sub>量は年間

約2200万t（06年度の電力



小林広武

電力中央研究所 システム技術研究所 上席研究員、博士(工学)。太陽光発電の系統連系、および需要地系統運用制御にかかわる研究に従事。



芹澤善積

電力中央研究所 システム技術研究所 上席研究員、通信システム領域リーダー、博士(工学)。電力用通信・監視制御・保護システムの研究に従事。



栗原郁夫

電力中央研究所 システム技術研究所長 研究参事、工学博士。電力システムの計画・運用に関する研究に従事。



浅野浩志

電力中央研究所 社会経済研究所スタッフ上席研究員、博士(工学)、東京大学講師、同大生産技術研究所研究員。エネルギーシステム工学、エネルギー経済に関する研究に従事。

使用端排出原単位 0・41 kg・CO<sub>2</sub>

／kWhを使用)となり、わが国のCO<sub>2</sub>総排出量の約1・7%程度に当たる(05年ベース)。この値は、需要サイドの対策のひとつとして、家庭・業務用の給湯・空調需要、産業用の乾燥・加温・空調の需要をすべてヒートポンプに置き換えた場合の約10%のCO<sub>2</sub>削減効果[2]と比較すると、絶対量としては決して大きくはない。しかし、PVは純国産のエネルギー資源であり、何より、身近な電源としてエネルギーへの関心の高まりを通して国民参加型の低炭素社会の実現に大きく貢献すると考えられる。また、新しい、いわゆるグリーン産業の育成という面からもPVの導入拡大は国益にかなうものと考ええる。

③については、供給サイドのみではなく、②の再生可能エネルギー発電の有効利用(地産地消など)を含め、需要家と一体になって省エネ・エネルギーの有効活用を実現できる仕組みがエネルギーインフラに必要なものと考えられる。

ある。

これらの実現のためには、電気と情報・通信が電気の発生から流通、利用のあらゆる場面で一体化した、インテリジェントな電力供給・利用システムの構築が鍵となる。

## 2 現状の電力供給システムと課題

### (1) 電力供給システムの現状

わが国の電力供給システムは、米国のように、多数の電力会社により、それぞれの地域で自然発生的に構築され、それらが連系されて来たものとは異なり、戦後復興期の全国的な需要の急増に対応するため、全国を9地域に分け、地域内での需給バランスの確保と緊急時の相互融通を基調として計画的に整備が進められてきた。この結果、世界に誇る高い供給信頼度を実現している。

現状の電力系統では、発電所から送電線、変電所、配電線を通じて需要家に一方向で電力を供給している。電力会社では、天気予報や季節・曜日などの情報を基に翌

日の需給計画を立て、当日運用において是需要と供給のバランスを常に保ち、電圧や周波数が適正値になるように各発電設備の運転を行っている。また、送電線や配電線からなる電力流通ネットワークでは、各需要家に品質の高い電気を安全に送り届けることができるように、落雷などによる事故時を含め、時々刻々変わる系統状況に対応した的確な監視制御を行っている。

こうした、監視制御に欠かせない通信インフラは、原子力・火力・水力といった集中形電源を含んだ基幹系統から配電系統まで整備されている。これにより、基幹系統では、事故時を含み安定供給維持のため、電源と送電系統が一体となった高度な系統制御が行われている。配電系統でも配電自動化に活用され、配電線に分散配置された開閉器を遠隔制御し、事故時などの停電時間の極小化を図っている。

### (2) 低炭素社会に向けた電力システムの課題

このように高い供給信頼度を確

保しているわが国の系統であるが、PVを中心とした分散形電源が大量導入された場合には次のような問題の生じる可能性がある。

PVの出力が自家消費電力を上回ると、その余剰電力は配電線に流れ込む。この結果、配電線全体の電圧が上昇し、各需要家の負荷機器に悪影響を及ぼす可能性がある。また、電力系統との接続のため、直交変換装置(インバーター)が使用されるが、これは、従来の回転形発電機と異なり慣性がなく、瞬低など系統の過渡的な擾乱に対して運転状態を維持する能力が弱い。この結果、系統擾乱時にインバーター停止などによりPVの出力が一斉に低下し、系統全体の需給バランスが崩れ、周波数変動など系統安定性の低下を招く可能性がある。加えて、集中形電源は、低炭素排出電源として原子力発電や石炭ガス化複合発電(IGCC)など、その特性から基本的な出力一定運転を行う電源の比率が増えるものと予想され、需要変動や再生可能エネルギー電源の出力変化

に応じた系統全体のきめ細かな制御がより難しくなると考えられる。さらに、送配電線事故時において事故区間が系統から切り離された後にも、分散形電源がその区間を充電しながら運転を継続（単独運転）する場合は考えられ、感電事故など安全性に影響を与える可能性もある。

このため、将来の電力系統には、これらの問題を解決するための新たな技術の導入が必要となる。例えば、電圧や電気の流れを能動的に制御する系統機器や電力貯蔵装置の導入が挙げられる。また、これらの新型装置や通信システムを利用した系統全体の新たな需給計画・運用制御方式の開発も必要となる。さらに、各需要家への情報・通信ネットワークの整備とともに、需要家の分散形電源の制御や、消費電力など各種情報のリアルタイムの提供とそれに基づいた負荷の自律的調整なども考えられる。これにより系統側と需要家側とが相互に連携することで、需要家と一体となった省エネ・エネルギー

ギーの有効活用の実現へと近づく。  
**(3) 海外の次世代電力システムに向けた取り組み**

米国オバマ大統領のグリーン・ニューディール政策の中で再生可能エネルギーの大量導入と、それに対応した送電網の大々的な整備計画に代表されるように、欧米では、供給信頼度向上、分散形電源の有効活用、電気エネルギーの効率の利用などを目的とした、スマートグリッドと称する次世代グリッド技術の開発計画が立ち上がっている。欧米での関心の高まりには、わが国と共通する要因もあるが、地域間の電力融通網が十分でなかったり、近年、電力自由化の影響で系統設備への投資や研究開発がほとんど行われず、大停電の発生など、供給信頼度の低下が現実のものとなっているなど、わが国とは状況が異なることもある。現時点ではスマートグリッドの定義は必ずしも明確にはなっていないが、電力系統に高度な双方向通信を取り入れ、系統、分散形電源、各需要家などからの情報を取

集・統合し、系統全体をより高効率、高信頼度で運用制御しようとする点は多くにおいて共通する。このうち米国では、上記の通り

停電回避などの供給信頼性向上への期待も高い。再生可能エネルギー発電の大量連系はもとより、系統センサーによる事故の事前予測や回避、自己修復（セルフヒーリング）などを実現できるシステムを指している。また、今後の需要の伸びに対し、コスト増となる電源建設の繰り延べに寄与し、さらに省エネにも貢献すると考えられる、後述のデマンドレスポンス（需要反応）による需給調整の対応もスマートグリッドへの大きな駆動力になっている。このためにはスマートメーターが不可欠な要素とされ、多くの電力で試験的な導入が進んでいる。さらに、プラグインハイブリッド（PHEV）車のスムーズな大量導入を可能とするインフラの実現もその目標のひとつとなっている。実験例として、コロラド州ボルダー市では、住宅を含めた需要家2万3000軒にス

martメーターを設置し、消費電力量提供による省エネ効果などのスマートグリッドの実証試験が行われている。

一方、欧州では、電力取引や一部地域での風力発電の大量導入によってすでに現実的なものとなっている送電線の混雑に対する、系統運用の最適化や送電線増強による対応が高い優先順位となっている。また、欧州大で20年において、20%の再生可能エネルギー導入、20%のCO<sub>2</sub>排出削減、20%のエネルギー効率改善を目指すエネルギー政策に対応するための、大規模な洋上風力や大幅な省エネの実現も意図されている。さらには、コージェネレーション（CHP: Combined Heat and Power）などの分散形電源を用いた地域単位での統合制御（バーチャルパワープラント）など、電力自由化の中での分散形電源の新たな活用も考えられている。

このようにスマートグリッドに対する動機は各国によって異なるが、低炭素社会に向けたパラダイ

ムシフトへの対応という形で、それぞれの国情に適した次世代の電力エネルギーインフラの在り方に対する議論および構築への具体的な取り組みが始まっている。

#### (4) 日本における次世代電力システムの方向性

低炭素社会の実現に向けた次世代の電力供給・利用インフラとしては、わが国にとっても欧米と共通する部分が多い。しかし、わが国の特徴的な要因として、再生可能エネルギーとしては住宅設置のPVが主体となること、供給信頼度への強い社会ニーズとそれを達成してきた実績があることなどが挙げられる。こうした、固有の要因は、次世代の系統の在り方にも大きくかわり、責任ある供給主体が安定供給の基本を確保した上で、社会コストやリスクを考慮しつつ需要サイドとの連携を図り、国民参加の住宅用PVを中心とした再生可能エネルギーの大量導入や電気の効率的利用を可能としていくのがわが国の次世代電力システムの方向性ではないかと考える。

## 3

### 電中研における次世代グリッド(TIPS)の研究展開と期待される成果

電力中央研究所(電中研)では、低炭素社会に向けた日本形の電力供給・利用インフラの研究、技術開発を始めている。これを次世代グリッド(TIPS)と称している。

TIPSの構成イメージを図1に示す。これは、前述したわが国の電力供給システムをベースに、これらにさらに改良・発展させるものである。すなわち、電気と情報・通信との融合によって、電気の供給・利用を相互に自律的に結びつけ、経済性も考慮しながら、1章で示した低炭素電化社会に向けた3つの要件、①安定運用の確保、②再生可能エネルギーの円滑導入と有効活用、③需要家と一体となった省エネ・エネルギー有効利用の実現、を満たす全体調和的なインフラの構築を目指すものである。

次世代グリッドの持つ特質は、知的・Intelligent、相互影響的・Interactive、統合的・Integratedに代表される。このため、提案する

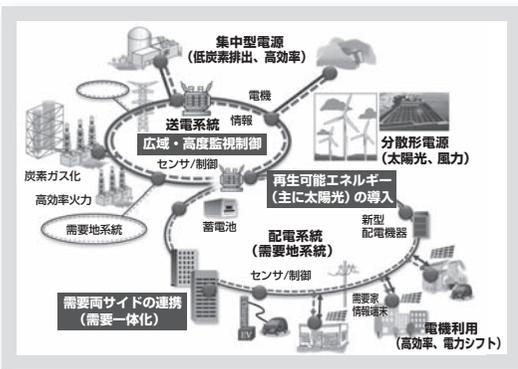
次世代グリッドは、上記3つのイメージをもつ電力システムという意味で、Triple I Power Systems (TIPS)と呼んでいる。

以下に、これまでの研究成果を含め、TIPSの研究展開を述べる。

#### (1) 次世代情報・通信(ICT)インフラの構築

TIPSを支えるICTインフラとして、従来の通信ネットワー

図1 TIPSのイメージ図



クを高度化すべく、表1に示す3つの開発を進めている[3]。まず、需給一体的制御と分散形電源大量導入への適切な対応のため、電力会社から需要家までを一体的に連携する、需要地系セキュリティ通信ネットワーク(図2)がある。これは、配電自動化や分散形電源の監視・制御、自動検針、需要制御などのための通信を、セキュリティを確保しつつ、低コストに統合する。各需要家には遠隔検針・情報提供(スマートメーター)や需給一体的な連携、エネルギー管理などを実現する需要家ゲートウェイが設置される。本研究では、光・無線融合型通信ネットワークの構成法、IPベースの標準通信プロトコル、アクセス容易なネットワークへの情報セキュリティ対策、機能モジュール型の需要家ゲートウェイなどの開発に取り組んでいる。

一方、分散形電源大量導入時においても強靱・柔軟な電力システムを実現するため、大規模発電送サイイドのICTインフラとして、これまで整備されてきた基幹系通信ネ

表1 TIPSを支える通信ネットワークの概要

種別	内容	参考：従来ネットワーク
需要地系セキュア通信ネットワーク	配電設備や分散形電源、需要制御・エネルギー管理システム、需要家内機器などを総合的に連携する、光・無線融合型の通信ネットワーク。セキュリティ対策と需要家ゲートウェイ（スマートメータを含む）が重要な要素。	配電設備自動化用の通信ネットワークは光ファイバーにより整備されているが、配電柱までであり、需要家までの接続はなされていない。
広域・高速制御ネットワーク	送電システムの安定度監視と緊急時の保護制御を総合的に実現する、広域の高速イーサネット。系統状態を精密に計測するための時刻同期技術や各種の専用アプリケーションをモジュール的に実現する装置の開発が重要。	基幹電力系統の高速保護制御ネットワークはマイクロ波無線や光ファイバーにより十分整備されているが、配電系統に近い部分は分散形電源大量導入に備えて高度化の余地がある。
設備保全・運用センサネットワーク	高信頼な機器監視制御に加え、設備保全用の現場情報の効率的収集を実現する。現場監視用センサの着脱設定を自動化するためのプラグアンドプレイ機能やセンサ情報をアドホック的に収集・伝送する無線ネットワークが必要。	制御所と発電所を結ぶ監視制御用ネットワークは整備されているが、現場設備の状況把握のためのネットワークは設備されておらず、保守員による巡視が主体である。

ネットワークを高度化した、次世代の広域・高速制御ネットワークの開発を進めている。本研究では、電力系統不安定時の高速な状態変化を詳細に検出するため、遠隔の装置間で1μs以下の時刻同期誤差

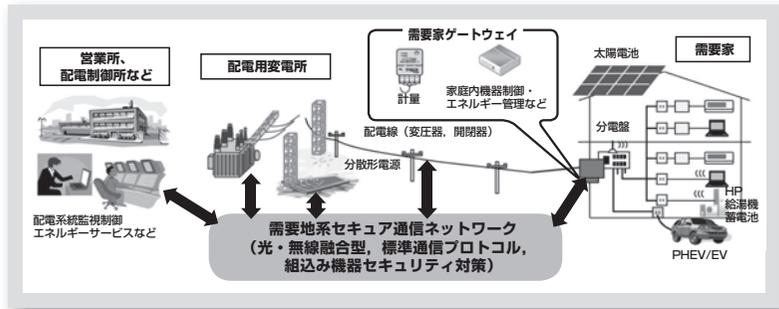


図2 ヒートポンプの普及と冷媒の現状

を実現する方式の見通しを得ている。また、設備保守・運用業務を高度化する無線センサーなどを多数配置した設備保全・運用センサーネットワークの開発を進めている。なお、大規模なICTインフラを低コストで構築するためには、ICTの標準化が重要になる。IEC（国際電気標準会議）などにおいて、通信プロトコルやセキュリティ対策の標準化がなされつつあり、これらを参照しつつ技術開発を進めている。

**(2) 再生可能エネルギー発電の大量導入と有効活用**

PVの大量導入に関しては、ローカルな問題として配電系統にかかわる課題と、広域に大量導入された場合の全系的な（基幹系統にも影響を及ぼす）課題とがある。

このうち、配電系統にかかわる課題として、電中研では、2000年度に新しい配電系統「需要地系統（図3）」を提案し、研究を進めてきた[4]。主要な課題は、①電圧変動問題、②系統異常時の保護保安問題、が挙げられる。こ

のうち①の対策として、分散形電源側での新しい無効電力制御方式や、配電線のループ運用を容易にし、より能動的に電圧や潮流を制御するループパワーコントローラ（LPC）と呼ばれるパワーエレクトロニクス技術を活用した装置を開発した。②については、通信の利用により配電線事故時に分散形電源を迅速に停止させ、保護保安を図る方式を提案した。いずれも、電中研・赤城試験センターの実規模実験設備「需要地系統ハイブリッド実験設備」での実験を通して設計の妥当性を実証した。その結果、これまでに配電線1フィーダのみへのPV導入に関しては、フィーダ容量の100%、配電系統への分散導入に関しては50%までの導入を可能とする技術を確立した。これは、PVが今後とも住宅を中心に導入が進むものとする、30年までの国の導入目標5300万kWの半分程度までの導入を可能とするものである。

上記LPCは、現状技術では大きさや重量から配電設備として柱

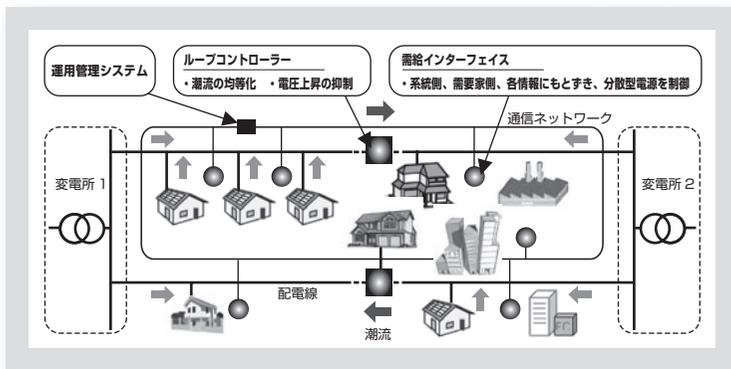


図3 ヒートポンプの普及と冷媒の現状

上設置は困難である。電中研では次世代の半導体を適用した、効率、コンパクト性に優れ、高速制御性を有する高性能配電系統制御機器

の開発に向けた以下の研究を行っている。

- SiCデバイスを適用した低損失・コンパクトなパワーエレクトロニクス機器開発
- パワーエレクトロニクス機器の回路設計・制御系設計を効率的に実施するためのシミュレーション解析手法の開発

これまでに、SiCダイオードを適用した分散形電源連系インバーター(3・3kW)を開発し、現状のSiダイオードによる最高効率機に対し損失15%減(効率96・4%)を達成した。これらの成果を基に、柱上設置の配電系統制御機器の開発に向けて、オールSiCインバーター(スイッチングデバイスにもSiCを適用)の適用による大幅なコンパクト化・軽量化技術の開発を進めている。

**(3) 再生可能エネルギー発電の大量導入下での安定供給の確保**

PVが系統大で大量導入されると、基幹系統の計画・運用にも影響を及ぼす。主な課題としては表2が考えられる。

再生可能エネルギー発電の大量導入の影響を定量的に評価するには、新しい解析技術が必要となる。

安定供給にかかわる課題は平常時の需給運用から緊急時の制御までの広範囲に存在し、幅広い技術の開発が求められる。需給や周波数などの解析のための長時間動特性解析技術、再生可能エネルギー電源の緊急時における系統大から見たマクロな挙動をモデル化する技術、各種の解析において出力の不確実性や変動を扱うための技術、などが重要開発課題となる。

なお、これらの課題は、導入量によって影響の度合いが異なる。このため導入シナリオを描き、現状の系統を出発点として、いつまでに何を解決しなければならぬのかを明確にしつつ、技術開発を進めることが重要である。また、導入シナリオについても、不確実性を考慮し、幅広い対応を可能にしておくことが重要である。

**(4) 省エネ・エネルギー有効利用のための需給一体化運用制御**

省エネ・エネルギー有効利用

本格的に実現するためには、エネルギーに対してコンシャスな社会の実現が不可欠になる。需要サイドの要求に一方的に対応するような従来のパラダイムでは、目標とする低炭素社会の実現は困難と考える。大幅な排出削減には、さまざまな面での供給サイドと需要サイドでの一体的連携が不可欠である。ここでは、情報のやりとりな

項目	課題
設備形成面	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PVや風力発電のkW価値の評価方法</li> <li>・確保すべき供給予備力</li> <li>・蓄電池の必要性、容量、設置場所など</li> </ul>
系統運用面：平常時	<ul style="list-style-type: none"> <li>・需要運用計画への影響、再生可能エネルギー発電の出力予想</li> <li>・PV等出力変化に伴う系統側発電設備、電圧調整の問題</li> <li>・周波数調整力不足、分担の問題など</li> </ul>
系統運用面：緊急時	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PV等(一斉/部分)脱着時の問題</li> <li>・インバータ電源増加による系統同期化低下の問題</li> <li>・系統状態の不確実性と状況把握の困難化など</li> </ul>

表2 PV大量導入に伴う安定供給に関わる課題

どここうした供給サイドと需要サイドの連携を「需給一体化」という概念でとらえている。需給一体化の目的は、両サイドの連携により実効性の強化ならびに、より安価な社会コストの実現を目指すもので、その狙いをまとめると表3のようになる。

〈太陽発電導入システムの潮流平準化・余剰電力活用技術〉

図4は需要地系統における需給一体化運用・制御の一例で、P Vの大量導入時において、需要家内の温熱機器などの運用を工夫することによって、系統への逆潮流の抑制や軽負荷時におけるP Vの余剰電力を有効活用するものである。これにより、P Vの有効利用を図りながら、出力変動を吸収する蓄電装置や発電設備の必要容量を低減させる。こうした需給一体的な運用を実現するためには、電力会社との双方向通信の構築、P V出力の予測、利便性への影響など様々な課題を解決する必要がある。

電中研では、これまでに、統計的手法を取り入れ、翌日等のP V

項目	需要一体化	メリット
需要	<ul style="list-style-type: none"> <li>価格や各種情報で弾力的な変化を誘導</li> <li>平準化（ピーク削減、ボトムアップ）、新規創出</li> <li>重要性の考慮（差別化）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギー利用の効率化</li> <li>設備の有効活用、設備投資回避</li> <li>エネルギーコンシャスな社会形成（地球温暖化対応）</li> </ul>
負荷機器	<ul style="list-style-type: none"> <li>系統にとっても好ましい負荷機器（両立性）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>緊急時には系統安定化をも支援</li> </ul>
分散形電源、貯蔵	<ul style="list-style-type: none"> <li>負荷機器との連用運用、制御</li> <li>発電端近くでの利用</li> <li>緊急時対応など多様な活用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>系統への影響緩和（余剰対応含む）、対応の分担</li> <li>損失低減</li> <li>停電対応</li> <li>エネルギーコンシャスな社会形成</li> </ul>
需給・系統運用	<ul style="list-style-type: none"> <li>ピーク時運用にデマンドレスポンスの反映</li> <li>緊急時における系統自己回復力の強化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>信頼度の向上（大規模停電リスクの極小化）、より確かな節電依頼</li> <li>電源の効率的運用 CO2 削減、負荷率改善</li> </ul>
設備形成・更新	<ul style="list-style-type: none"> <li>ピーク需要の抑制</li> <li>負荷平準化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設備の有効活用</li> <li>設備投資抑制</li> </ul>

表3 需給一体化運用制御のねらい

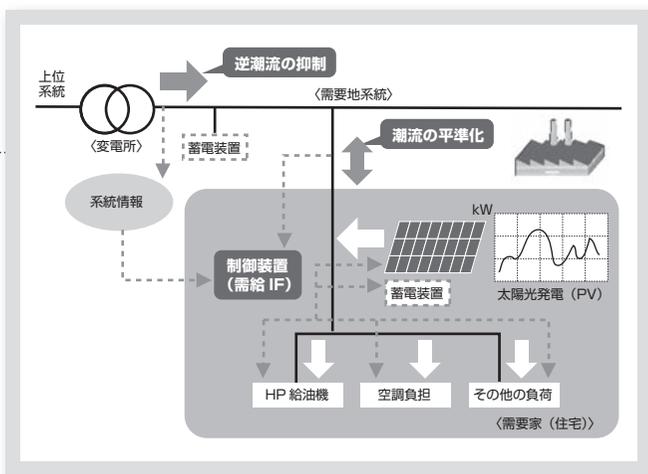


図4 需要地系統における需給一体化運用・制御

出力の予測がはずれた場合でも、系統への影響や需要家の利便性への影響を最小限に抑えることを可能とする需要家内の需給運用手法などを開発した。今後、需要家間や既開発の系統制御機器との協調方式を含めた実証研究を行い、需給一体化運用制御方式を構築する予定である。

〈デマンドレスポンス技術〉

また、需給一体化の一環として、デマンドレスポンス（DR… Demand Response）が挙げられる。DRは、規制下のデマンドサイド・マネジメントを進化させ、電力市場価格とも連動できるインセンティブを実時間に近い時間で需要家と系統運用者の間でやり取りし、

TIPSの（需給一体化運用）を実現する手段である。DRプログラムは、すでに米国の一部において、安定供給の確保やピーク負荷削減、送電混雑管理の手法として適用されているところもある。わが国においては、需給調整契約が規模の大きな産業・業務需要家に對して適用されているが、これを

中小規模の業務需要家や家庭需要家にまで拡大するとともに、情報・通信技術によりBEMS (Building Energy Management System) / HEMS (Home Energy Management System) などの需要サイドのエネルギーマネジメントシステムと連携することにより、より実効性が高くリアルタイム性のあるものにしていくことが可能と考える。

電中研ではDRのポテンシャル評価など基礎的な研究から開始し、最終的にはわが国にとって望ましいDRの在り方を検討する計画である。手始めに東京電力管内の事務所ビルと小売店舗を対象に、デマンドレスポンスの技術的ポテンシャル(すべての対象需要家が参加すると想定)を試算し[5]、空調設定温度の変更や一部照明の消灯などにより、負荷削減量は129万kWが見込まれるという結果を得ている(図5)。これは20年度の供給予備力513万kW(電中研推定、供給予備率8%を仮定)の約25%に相当する。

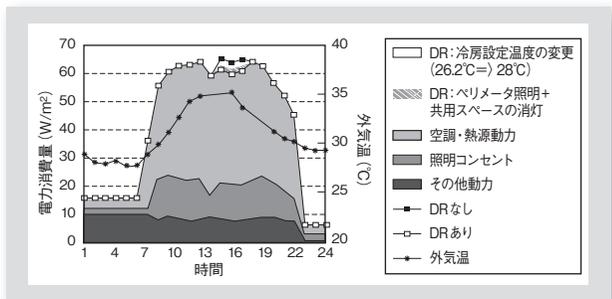


図5 モデル事務所ビルの電力負荷曲線と負荷削減量  
個別電気空調、床面積5千㎡未満  
(夏期平日の13～16時の間にデマンドレスポンスプログラムを発動する場合) [5]

## 4 日本型スマートグリッドの実現に向けて

将来の低炭素社会を支える電力供給・利用インフラとして、電中研で検討している次世代グリッド、TIIPSについて紹介した。地球温暖化問題やエネルギーセキュリティへの関心の高まりに加え、至近の未曾有と言われる経済不況への景気対策の意味からも特に欧

### 参考文献

- [1] 総合資源エネルギー調査会 需給部会「長期エネルギー需給見通し」2008年3月
- [2] ヒートポンプ・蓄熱センター編「ヒートポンプ・蓄熱白書」2007年7月
- [3] 芹澤：「Smart GridプロジェクトにおけるICTの動向と次世代グリッド(TIIPS)のための通信ネットワークの課題」電力中央研究所報告、R08028、2009年3月
- [4] 小林、石川、浅利、岡田、上村、八太、大谷：「需要地系統の運用制御技術の開発」電力中央研究所総合報告R08、2008年6月
- [5] 高橋、浅野、山口：「業務部門のデマンドレスポンスによる需要調整の技術的ポテンシャルの評価」電力中央研究所研究報告Y08034、2009年5月