



DEN-CHU-KEN
TOPICS
 2010 5 MAY | VOL.1
 Central Research Institute of Electric Power Industry

✓ 創刊にあたって

✓ 電力中央研究所におけるスマートグリッド研究

1.スマートグリッド研究のロードマップ 2.太陽光発電の大量導入への対応 3.情報通信技術 (ICT) によるスマート化

✓ 研究設備の紹介

✓ 見えないものを“みる”

DEN-CHU-KEN

電中研TOPICS

創刊にあたって

このたび創刊致しました「電中研TOPICS」は、毎号、電気事業の今後の展開を考える上で重要性の高いテーマを取り上げ、多様な分野の専門家を擁する電力中央研究所における研究の最前線を、総合的にお伝えしてまいりたいと思います。

エネルギー・環境政策に関わる研究や、発送配電技術から電気エネルギー利用技術に関する研究まで、当所の特徴ある取り組みを順次ご紹介してまいります。技術の実用化にいたる時間軸の中で、当所が推進する研究課題を位置づけ、関連する知的財産と技術標準化などの動向も視野に収めながら、当所の役割を浮き彫りにして行きたいと考えています。

現在、経済成長、エネルギー、環境をめぐる人類はかつて経験したことのない隘路に直面し、技術が哲学の根本問題となる中で、こうした難題を乗り越えるための研究開発への挑戦は、当所の社会的な責任であると認識しております。

このためにも、当所は、電気事業の現場知に根差した多様な評価・分析技術の体系を構築・保有している特長を活かし、これらを



財団法人 電力中央研究所

理事長 各務 正博
かくむ まさひろ

電気事業の未来技術を先導し得るような技術思想にまで高め、国内外の機関との連携強化も図りながら、具体的に提言し、実用化を図っていきたいと考えております。

本誌を通じて、電気事業に影響を及ぼす可能性のある国内外のさまざまな政策的・技術的潮流にも着目して、電気事業に立脚した産業研究所として集積してきた「知」を照射し、みなさまと一緒に研究開発が拓く未来社会を展望してまいりたいと考えております。

本誌が媒介となり、さまざまな議論を呼び覚まし、「知」の共有の場を形成する一端を担うことができれば、望外の喜びでございます。

電力中央研究所におけるスマートグリッド研究

1. スマートグリッド研究のロードマップ

スマートグリッドについては、未だその明確な定義が定まらないことから、百家争鳴の状況にあります。

電力中央研究所では、分散形電源が大量に導入された将来の新しい配電システムについて、「需要地系統」として2000年頃から研究を段階的に進めてきました。その中で将来に向けた大きな時代潮流の展望を行い、発電から消費までの全体を含むより広い視点からの研究の重要性を認識するにいたりました。そこで、スマートグリッドなる言葉が今ほど一般的ではなかった2006年頃から、次世代の電力システムに関する研究構想について検討を開始しました。

そのような折、欧州では欧州大の研究開発プロジェクトの中でスマートグリッドのビジョンが掲げられ、米国では翌年に「2007年エネルギー自給・安全保障法」の中でスマートグリッドが初めて政策の舞台に現れることになりました。

本稿では、当所で行ってきたスマートグリッドに関する研究の概要と、これらの今後の研究展開などについてご紹介します。

システム技術研究所
所長 栗原 郁夫



1.1 わが国の次世代グリッドの要件

わが国の電力系統はこれまでも社会のニーズに応える形で、海外に比べて遜色のない電気料金のもとで高い供給信頼度を実現してきた。電力需要の増加にキャッチアップする形での電力供給システムとしては、現在、一つの完成した世代を確立したとも言える。

しかし、将来を展望すると、わが国を取り巻く電力需給環境において、地球温暖化問題への対応、人口減少と高齢化、また、情報化・国際化のさらなる進展、さらに、国際的にみるとアジアにおける新興国のエネルギー需要の増大、欧米が主導する技術の国際標準化競争など、これまでになかった大きな時代の流れが読み取れる。

こうした新たな時代に対応した電力供給・利用のインフラの構築に向けて如何なる研究開発を進めるべきか、当所ではバックキャストとフォアキャストの組み合わせという手法で方向性を探った。これまで経験したことのない要因に対しては、将来のあるべき姿を想定し、それに向けた方策を考える(=バックキャスト)方法が有効である。一方で、電力系統は成長するシステムという特徴を持つため、現状のシステムを無視した議論は現実的でなく、これまでの流れを踏まえた上での将来像(=フォアキャスト)を構築することも重要となる。バックキャストとフォアキャストの比率については、将来の低炭素社会の実現にはパラダイム転換も含む、あるべき姿の展望が不可欠であることから、当所では両者を踏まえつつも、ややバックキャストに比重を置いて検討した。

こうした展望のもと、わが国における将来の電力供給・利用インフラが満たすべき要件を以下の4点とした。すなわち、

- ①安定運用を確保し大規模停電のリスクは極力小さいこと。擾乱・停電回復力に優れていること。
- ②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。
- ③再生可能エネルギー(特にわが国の特徴として住宅設置の太陽光発電(PV))の有効活用を可能とすること
- ④設備維持管理の高度化、リプレースなどを通じて設備面で時代ニーズに対応すること。

当所では、これらを満たす将来の系統を、日本におけるスマートグリッドと考えた。

一言で言えば、太陽光発電の大量導入に対して安定かつ有効利用を実現し、電気自動車など新しい電気利用や効率的電気利用を支え、電力設備の経年化にも対応したインフラとなる。なお、こうしたわが国にとってのスマートグリッドを実現していく際に、標準化など今後の国際的な動向には十分留意していく必要がある。

1.2 研究ロードマップ

当所では、これらの四つの要件を満たすわが国にとってのスマートグリッドの構築に向けて、研究開発のロードマップを作成した。作成にあたっては、まず、電力供給・利用インフラに大きく影響する当該分野の主要なドライビングフォース・テクノロジーとして、図1-1 上段に示すCO₂削減、太陽光発電、蓄電池などを選択し、それぞれの2030年に向けた展望を行った。

次いで、こうした変化への対応、また、変化を取り込んでいくスマートグリッドの主要分野として図1-1 下段に示す三つの対応分野を考え、それぞれについて研究項目までのブレークダウンを行った。その際、主に技術の成熟度と展開のリードタイムの

観点から、2020年頃までは基本的に供給サイドでの対応が中心で、2030年頃になると需要家サイドと供給サイドとの連携による対応にも実効性が出てくるものと考えた。

誌面の関係で全体を紹介することはできないが、その一部として、P V大量導入のもとでの電源・送電・配電運用の分野について研究ロードマップを示す。図中の▲が目標とする技術の確立・実用化時期に相当する。この研究ロードマップに則り、現在、当所で取り組んでいる研究課題の主なものを将来システムのイメージに対応させると、図1-2のようになる。

以下では、この中からPV大量導入に対応するための主に配電システムを中心とした研究とともに、スマートグリッドに不可欠な情報通信技術（ICT）に関する研究などについて紹介する。

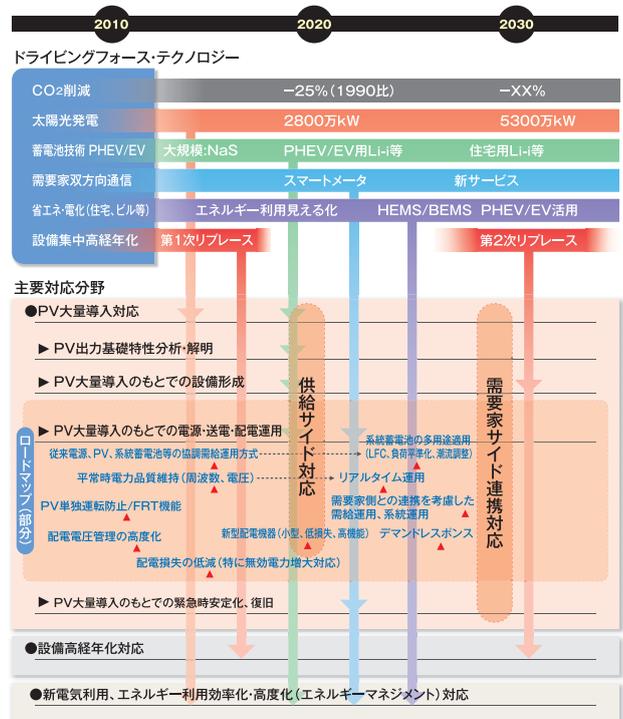
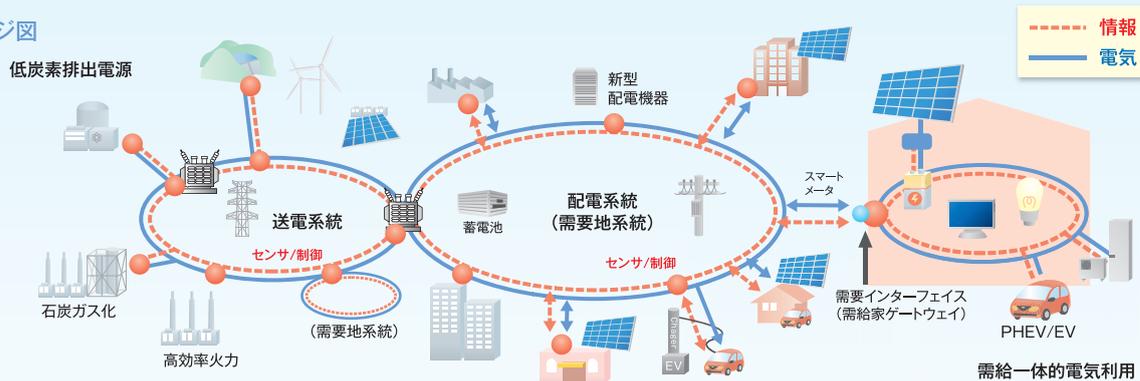


図1-1 研究ロードマップへの展開

低炭素社会を支える電力供給・利用インフラの構築(日本にとってのスマートグリッド)

■イメージ図



■電中研における主な研究課題

- PV大量導入時の次世代配電系統(需要地系統)と需要家サイド連携に関わる研究
- PV大量導入時の需給運用、系統運用・制御に関わる研究
- デマンドレスポンス、HEMS/BEMSに関わる研究
- 次世代の通信ネットワークに関わる研究(基幹系、設備保全系、需要地系)
- 次世代の電力流通設備に関する研究
- PV大量導入時の事故時系統安定性に関わる研究
- 新型配電機器に関する研究

図1-2 電中研で取り組む日本におけるスマートグリッドのイメージと主な研究課題

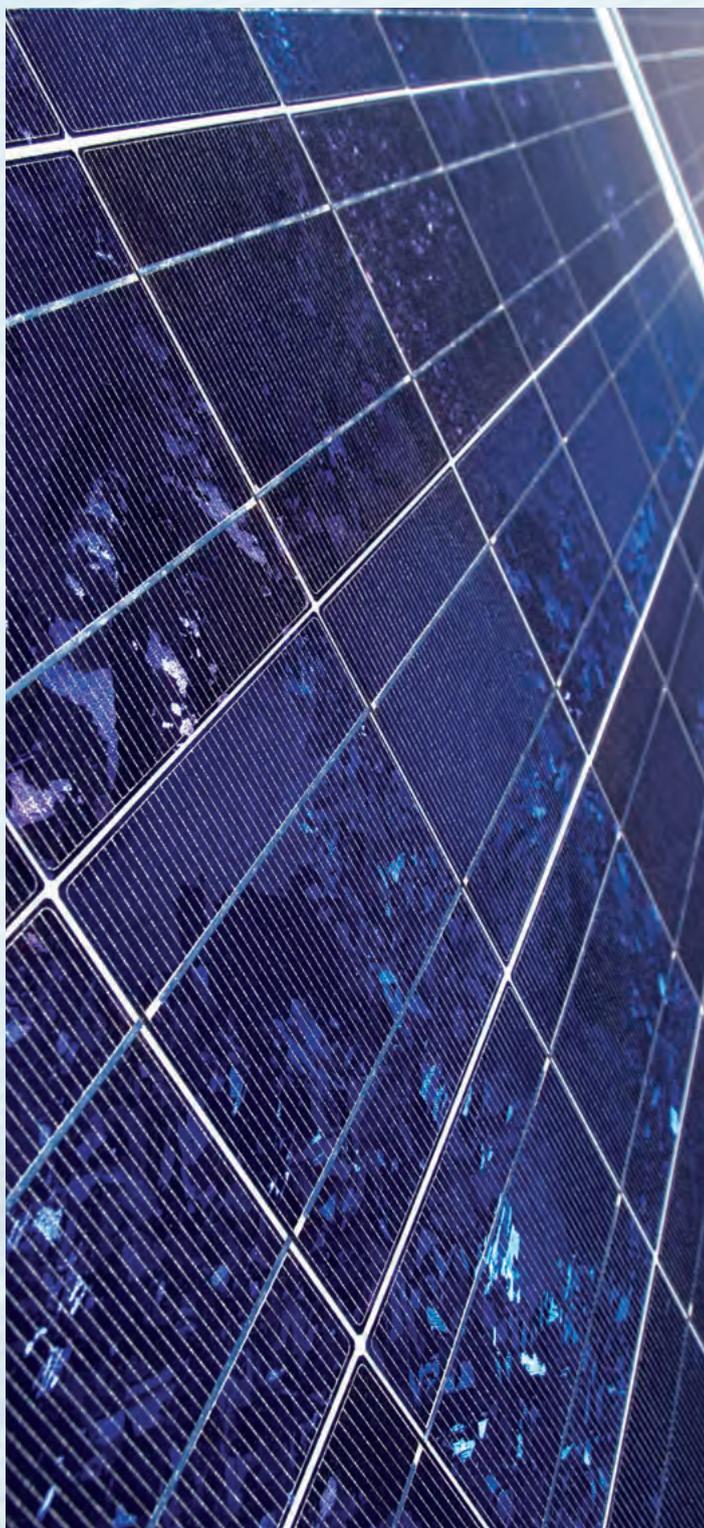
電力中央研究所におけるスマートグリッド研究 2.太陽光発電の大量導入への対応

日本において、スマートグリッドに向けた大きなドライバーは、まず、わが国の特徴としてあげられる住宅設置の太陽光発電(PV)の大量導入にあります。

PV大量導入のもとでシステムの安定性を確保し、かつPVの有効活用を図るには、従来の電力系統の変革が求められます。

PVの導入は配電系統に大きな影響を与え、さらに大量となると基幹系統にも影響を与えます。

どのような課題が生じるかを明らかにし、供給サイドのみからではなく、需要家サイドも含め社会にとって真に望ましい対応策を開発していくことが、日本型のスマートグリッドの確立に向けた第一歩となります。



2.1 PV大量導入に伴う配電系統の課題と対応の方向性

配電系統における課題としては、以下の二つが主なものと考えられる。

(1) 電圧の変動問題

PVから大量の逆潮流が発生すると、配電線の電圧が上昇し、電気事業法で規定されている供給電圧の上限値(=100V系で107V、200V系で222V)を逸脱する可能性がある(図2-1)。また、郊外地域など、距離の長い配電線では途中で自動電圧調整器(SVR)を設置し、配電線全体の電圧を適正範囲に維持している場合があるが、急激な天候変動などPVの出力変動により電圧制御の応答が間に合わず、一時的に電圧が適正範囲から逸脱するケースも考えられる。

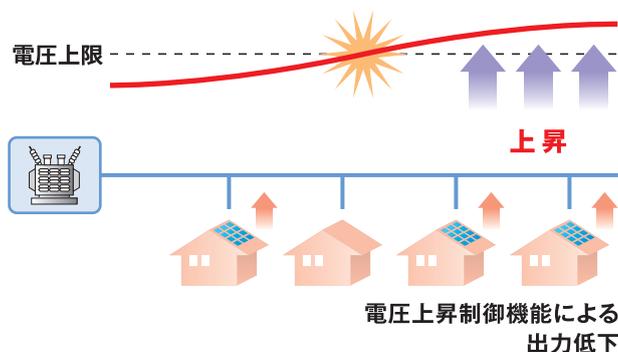


図 2-1 逆潮流による配電線電圧上昇の概念

さらに、現状のPVでは、(社)日本電気協会の系統連系規程⁽¹⁾に従い、連系点の電圧が上限に達した場合、無効電力の調整またはPV側で出力電力を絞ることにより上限から逸脱することを防いでいるが、大量導入により、配電線全体にわたり電圧上昇が顕著となると、逆にPVの出力抑制による発電電力量の減少が顕著となり、結果的に大きなエネルギー損失を招く可能性もある。

(2) 配電事故時の保護保安問題

配電線では、事故時や作業時に安全性を確保するため、変電所の遮断器や配電線上の開閉器の操作により、配電線への供給を停止する場合がある。現状のPVなどの分散形電源には、配電線停止時の単独運転を防止するため、配電線の電圧、周波数といった電気的変化を監視する単独運転検出機能(受動的方式)と、より確実な検出のため、配電線停止時に配電線の電圧や周波数の変化を能動的に助長させ、変化量を大きくして検知する機能(能動的方式)が併せて装備されている。これらにより、現状では1秒以内で単独運転を停止(単機の場合)する設計となっている。しかしながら、大量導入などにより、配電線停止区間のPVなどの発電電力と負荷消費電力がバランスに近い状態にあると、配電線停止後の周波数や電圧の変化が小さなものとなり、図2-2に示すように検出が遅れたり、長時間の単独運転が発生する場合のあることが実験により確認されている⁽²⁾。このような場合、停電復旧作業時の感電事故発生などが懸念される。

当所が実施したシミュレーション解析や実験では、平均的な住宅地域の配電線の場合、電圧変動問題も含めてPV導入率が配電線設備容量の10~20%程度(5~10軒に1軒がPV保有)の比較的少ない導入量でも、問題が発生する可能性のあることを確認している⁽²⁾。

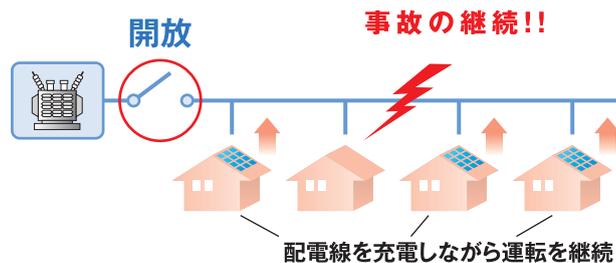


図 2-2 配電線停止時の単独運転発生概念

(3) 将来課題への対応の方向性

PVなどの大量導入を見据え、将来にわたり配電系統と調和のとれた円滑な導入と最大限の有効利用を図って行くためには、前述の課題に対する対策技術を構築して行く必要がある。これにはPV側対策のさらなる強化が挙げられるが、効果や全体的な社会コストなどを考慮すると、電力系統側での新たな対策も必要と考える。例えば、電圧や潮流を能動的に制御する機器や電力貯蔵装置の配電系統への導入が挙げられる。さらに、将来的には、各需要家への情報・通信ネットワークの整備に応じて、需要家の分散形電源の制御や、各種系統情報等のリアルタイムでの提供とそれにもとづいた負荷の自律的調整(需給一体形の制御)なども対応のオプションと考えられる。

2.2 需要地系統技術

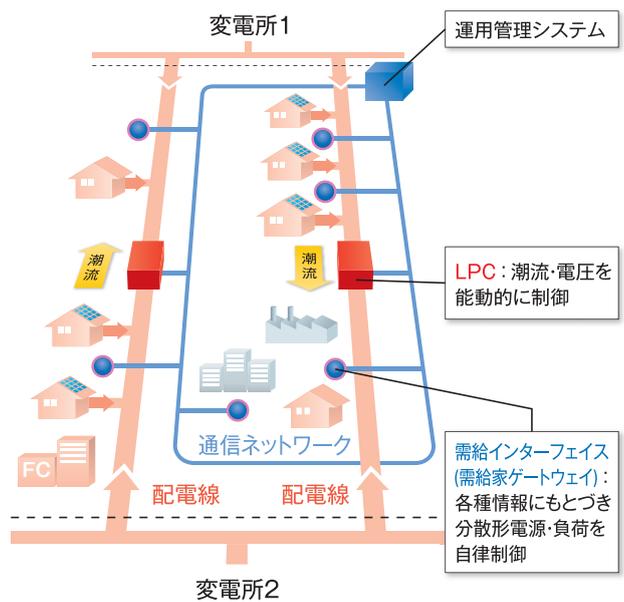
当所では2000年度に、当時から将来的な普及が見込まれていた風力発電、太陽光発電、およびコジェネなどの分散形電源の大量導入などに対応するための次世代形の新しい配電系統＝「需要地系統」を提案し、前述の配電系統に関わる課題への対応策の研究開発を進めてきた⁽²⁾。

(1) 基本コンセプトと開発技術の概要

図2-3に提案した「需要地系統」の基本構成を示す。需要地系統は、

- ①コスト抑制の面から、既存の配電設備の有効活用を図りながら極力シンプルな構成で、分散形電源の導入・運用形態や負荷の需要形態によらず、電力品質の維持や事故時の保護保安を可能とする配電系統
- ②情報通信技術を利用した分散形電源を含む需要

家機器の間接的・直接的制御により、省エネ、経済性、安定供給を達成する配電系統を基本コンセプトとしている。



*2つの異なる配電用変電所からの配電線をループコントローラ(LPC)によりループ化した例

図2-3 需要地系統の基本構成例

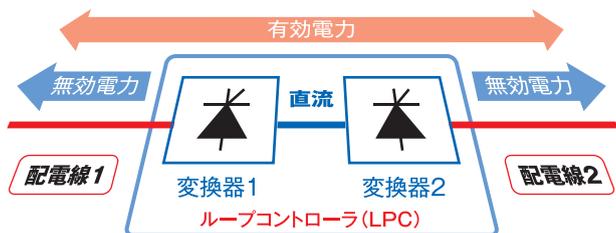
①に関しては、配電線のこれまでの放射状運用に加えループ運用も考え、ループ点には線路事故時の対応を含め、配電線電圧・潮流を能動的にコントロールする装置として、図2-4に示すパワーエレクトロニクスを利用したBTB形(双方向形)ループコントローラ(LPC)を開発した。同時に、LPCと通信を用いた集中制御による配電線の適正電圧維持方式、ならびに事故時の停電区間最小化を図る系統運用制御方式を開発した⁽²⁾。

②については、まず、各需要家において、需要家内情報や料金などを含めた各種の系統情報をもとに、分散形電源や負荷を自律的に管理・制御する装置(需給インターフェイス)を考えた。これまでに、概念設計を行うとともに、低圧需要家を対象とした

系統事故時の自律運転方式を開発した⁽²⁾。これら開発した方式は、いずれも当所赤城試験センターの「需要地系統ハイブリッド実験設備(→P17)」による実証試験を通じて、設計の妥当性を検証している。

また、将来のPV余剰電力対策技術の一つとして、系統情報にもとづき、必要に応じて需要家内のヒートポンプ式給湯機を自律制御し、PV余剰電力を有効活用する需給一体形運用方式の研究にも取り組んでいる⁽³⁾。

以下に、需要地系統の研究における課題解決に向けた、当所での系統運用制御関係の開発技術について詳述する。



(a) LPCの回路構成



(b) 開発した実規模機

図2-4 LPCの構成と開発装置 (NEDO受託)

(2) 電圧適正化方式

現在、分散形電源の無効電力制御により電圧適正化を図る方式は、系統連系規程にもとづき採用されているが、使用するインバータの容量面や力率(電圧と電流の積(皮相電力)に対する有効電力の比率)下限規定値(0.85)の面より、導入量が大きくなると制御に制約が生じる場合が想定される。このため、大量導入時では系統側で

の対策も必要になると考えられる。そこで、STATCOM(自励式無効電力補償装置)や当所開発のLPCなどの配電線の電圧制御機器を複数の配電線センサと通信により集中制御することで電圧適正化を確実に図る方式を開発した。また、配電系統側に設置する電圧制御機器の容量をより少なくするために、分散形電源の無効電力制御を活用した分散形電源と配電線電圧制御機器との協調方式を開発した。

さらに、分散形電源の導入率や導入地域に応じた適切な電圧制御方式について、対策コストを考慮しつつ分析した(図2-5)。住宅地域では、PVインバータの力率を0.85まで低下させることができる場合には、PVの導入率(配電線の設備容量に対する割合)が55%程度までは、PV単体の無効電力制御による電圧上昇抑制方式のみで対応可能であること、また、導入率が60%程度を超える場合には、LPCの集中制御方式を併用する方式が有効であることなどを明らかにした。

これらにより、配電線1系統(フィーダ)のみへのPV集中導入に関しては、フィーダ容量の100%、複数の配電フィーダへの分散導入に関しては、ループ系の特徴を生かせるレベルとして、50%程度までの導入を可能とする基本技術を確立した。これは、PVの導入が今後、住宅を中心に進んだ場合、国の2030年のPV導入目標5,300万kWの半分程度は、配電系統に限ってではあるが、技術的に導入できる目途がついたことに相当する。

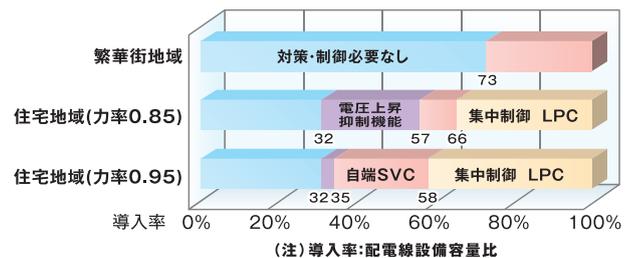


図2-5 PVの地域・導入量に応じた電圧適正化方式

(3) 新型配電系統制御機器の開発

LPCについては軽量化を図り、1,000kVA級で電柱2本での柱上設置を可能とした。しかし、実用化に向けては、柱上1本での設置など、大きさ・重量の面で更なる改良が必要である。

このため、当所では次世代の半導体(SiC)を適用した高効率でコンパクト性に優れ、高速制御性を有する配電系統制御機器の開発研究を行っている。

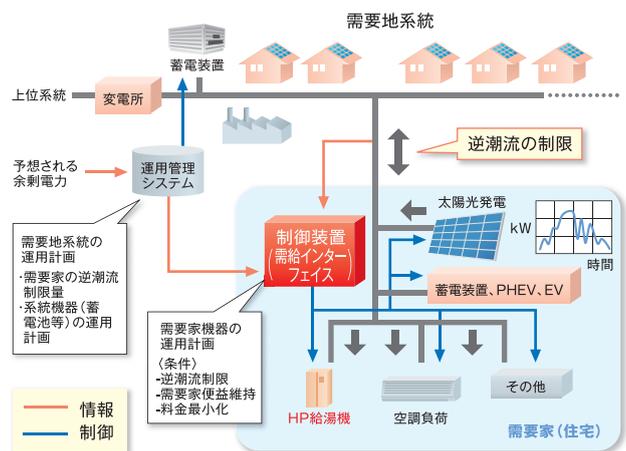
これまで、住宅向け太陽光発電用としてSiCダイオードを適用した分散形電源連系インバータ(3.3kW)を開発し、現状のSiダイオードによる最高効率機に対し損失15%減(効率96.4%)を達成した。これらの成果をもとに、柱上設置の配電系統制御機器の一つとして、オールSiCインバータ(スイッチングデバイスにもSiCを適用)の適用による高効率で省スペースなSTATCOM(自励式無効電力補償装置)の開発を進めている。

(4) PV余剰電力に対応する需給一体形運用制御技術

わが国全体でのPVの導入量が1,000万kW程度以上になると、5月の連休など天候が良く、需要が少ない時期に、PVの発電電力が余剰となる可能性がある。この場合には、系統電源を絞ってもPVの発電電力を加えると需要を上回ってしまう可能性がある。この対策として、PVの出力抑制や、蓄電池の設置などが検討されている。当所では、これに対する将来のオプションの一つとして、余剰電力を住宅内で有効利用する方法として、図2-6に示すように、系統情報にもとづき、PV出力に合わせて需要家内の負荷を運転する需給一体形運用方式を提案している。これまでに、利用面への影響から運転自由度が比較的大きいヒートポンプ式(HP)給湯機を対象に、系統側からの任意の逆潮流制限情報を

料金情報をもとに、翌日の運用計画を作成する手法を開発した⁽³⁾。年間の需給シミュレーション結果から、本手法を適用することで、余剰電力発生のため本来PVの出力抑制を行わなければならない電力量(PV発電機会損失)が各月で低減でき*、年間の低減率は最大で60%程度に達することなどが明らかになっている。

※HP給湯機の容量により、HP給湯機の運転のみですべての余剰を自家消費できるわけではない



(a) 余剰電力対応の翌日運用計画手法の概念



(b) 需要家のPV発電機会損失の低減効果例(PV容量:4kW)

図2-6 PV余剰電力対応のための翌日運用計画手法の概念と効果

2.3 PV大量導入のもとでの系統事故時の課題

PVが大量に導入されると、配電系統ばかりでなく基幹系統の信頼度面にまで影響が及ぶことになる。特に、過去の事例を見ると多くの大規模停電が系統事故に伴い発生していることからわかるように、PV大量導入のもとでの系統事故時の安定性(系統安定度、周波数、電圧安定性など)の確保は極めて重要な課題である。しかしながら、これまで、系統事故時の検討はほとんどなされておらず、そのためのPVなどのシミュレーションモデルの構築、影響評価、必要に応じた安定化対策の開発などが課題となっている。

このため、当所では図2-7に示す既設の交・直流電力系統シミュレータに、図中の赤字で記載した新たな設備を導入し、計算機シミュレーションに用いる分散形電源の数値計算モデルを開発するとともに、系統事故時の安定性に関わる研究を実験的に進める計画である。この中では、基幹系統の送電線に雷事故が発生した場合の、

- ①同期安定度(発電機動揺の安定性への影響など)
- ②周波数安定性
- ③電圧安定性
- ④電力潮流変動

に対する基本的な影響などについて明らかにする予定である。また、影響に応じてこれらの系統安定性を維持するための解決方法について実験的に検討する。

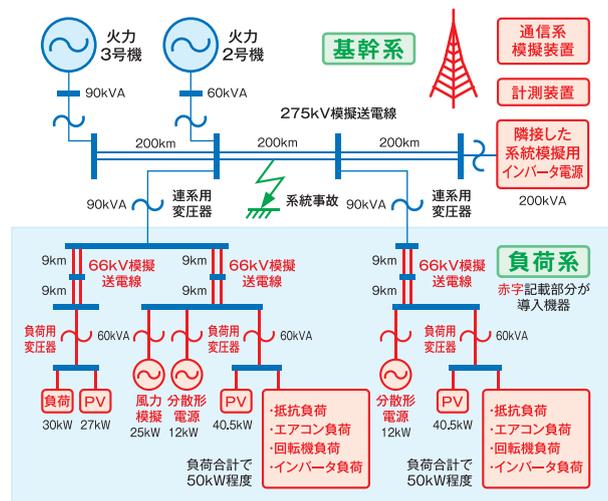


図 2-7 電力系統シミュレータの構成図

<参考文献>

- (1) (社)日本電気協会:系統連系規程(JEAC9701-2006)
- (2) 小林ほか:「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
- (3) 浅利ほか:「需要家機器との連携制御を用いた太陽光発電逆潮流制御方式-予測の不確実性を考慮したヒートポンプ式給湯機の運用計画法-」、電力中央研究所 研究報告 R08025、2009年7月

電力中央研究所におけるスマートグリッド研究

3. 情報通信技術 (ICT) によるスマート化

わが国では発電所から送電系統、高圧配電系統までは通信ネットワークが張り巡らされ、制御所などからの遠隔監視制御や自動運転がなされています。また、電力系統に事故が発生した場合も、事故の高速除去や波及防止、自動再送電などを実現する制御・通信システムが完備されています。

しかし、住宅用PVなどの分散形電源が大量に導入され、需要家との連携が重要になる次世代のグリッドにおいては、新たに低圧配電系統から需要家内に至る双方向の通信ネットワーク(需要地系セキュア通信ネットワーク)が必要になります。

また、分散形電源が大量に導入された場合、配電系統だけでなく上位の送電系統にも影響を及ぼすことが考えられ、従来よりもきめ細かい監視や緊急時の対応を容易にする通信ネットワーク(広域・高速制御ネットワーク)を整備する必要があります。

さらに、今後高経年化する電力設備を適切に維持管理していくためには、これまでは整備されていなかった、設備状態をオンラインで監視・診断するための通信ネットワーク(設備保全・運用センサネットワーク)も必要になります。



3.1 情報通信技術 (ICT) インフラ

わが国の電力用情報通信技術 (ICT) インフラは、諸外国と比べて既に十分に整備されており、特に、送配電システムの監視制御・保護関係では、ICTを活用した自動化がかなり進んでいる。ただし、スマートメータを含む需要家系の通信や設備保全・監視用の通信は、整備が不十分である。また、系統保護関係の通信は独自の通信方式であり、IPなど近年の汎用・標準的な通信方式に対応しているわけではない。そこで、次世代のグリッドを支えるICTインフラとして、従来の通信ネットワークを高度化すべく、以下の三つの通信ネットワーク技術の開発を進めている。

なお、ICTインフラ技術の開発に当たっては、各種機器の相互接続性を確保し、マルチベンダによる低コスト化を実現するため、標準化が重要になる。このため、IEC (国際電気標準会議) などにおける標準化作業と連携をとった技術開発を進めている。

(1) 需要地系セキュア通信ネットワーク

一つ目は、需要・供給両側の一体的制御と分散形電源大量導入への適切な対応を可能とするため、電力会社から需要家までを統合的に連携するICTインフラである (図3-1)。

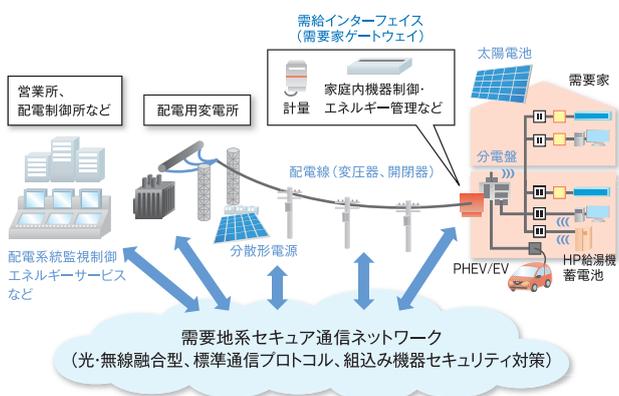


図3-1 需要地系セキュア通信ネットワーク

この中では、配電自動化や分散形電源の監視制御、スマートメータ、デマンドレスポンスなどのための通信を、セキュリティを確保しつつ、低コストに実現する必要がある。各需要家には検針や各種情報提供、宅内エネルギー管理などの情報連携を行うための装置として、機能集約的な「需要家ゲートウェイ」を設置することとなる (図3-2)。

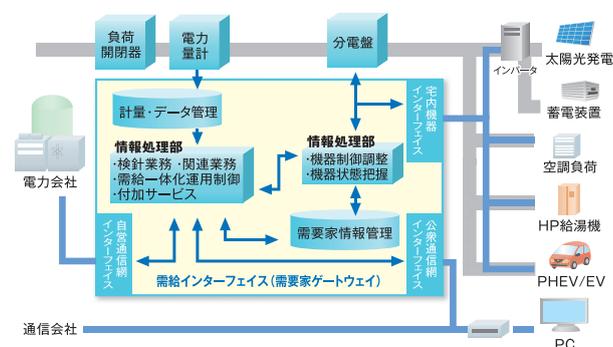


図3-2 需給インターフェイス(需要家ゲートウェイ)の機能構成

需要家ゲートウェイに実装するアプリケーション (需給インターフェイス機能) は、PV出力制御の要否などの情勢によりかなり異なってくることが想定される。また、設備量が膨大であり、導入が長期にわたることや、変更や更新が頻繁に行われる可能性が高いため、低コスト化はもちろん技術的なアップグレード、機器の追加・削除の容易性などを確保することが重要である。

このため、本研究では、想定されるあらゆるアプリケーションをモジュール構成で実装することにより、必要に応じて着脱できるようにするとともに、技術進展に合わせてハード・ソフトの仕様を変更できる仕組みとすることを目標としている。また、光ファイバや無線LANなどを活用したネットワークの形態は、都市部や郊外などの地域により異なるため、導入コストや通信帯域、信頼度などを考慮した複数の導入形態を考えている。さらに、本ネットワークでは外部からアクセスが容易な機器が多用されるため、暗号化や認証、侵入検知・防御などのセキュリティ対策の検討も進めている。

これまで、光・無線融合型の通信ネットワークの構成法を提案するとともに、需要家ゲートウェイを想定した組み込み機器用のプロセッサにIPベースの国際標準通信プロトコル(IEC 62056)を実装し、その適用性を明らかにした。

(2) 広域・高速制御ネットワーク

二つ目としては、大規模停電リスクを極小化し、強靱かつ柔軟な電力システムを実現するための送電システム側のICTインフラである。従来、電力システムの平常時監視や緊急時保護制御のためのシステムは、対象設備ごとに独自・専用方式で構成されてきたが、本システムではIP系の汎用・標準ICTを活用することにより、信頼性や性能を維持しつつ、異なる設備や多様なアプリケーションに一元的に対応できる柔軟性を備えたネットワークを目指している。ここでは、電力システム異常時の高速な状態変化を詳細に検出するため、遠隔の装置間でマイクロ秒オーダーの時刻同期精度を実現する必要があり、当所はすでに、標準的なイーサネット技術をベースにシステム大で、遅延や遅延ゆらぎが極めて小さい時刻同期を確保できる見通しを得ている。

また、計測や演算、通信などの機能、監視や保護制御の各種アプリケーションをモジュール的に実装した装置を試作し、異なる機器の機能間の連携や

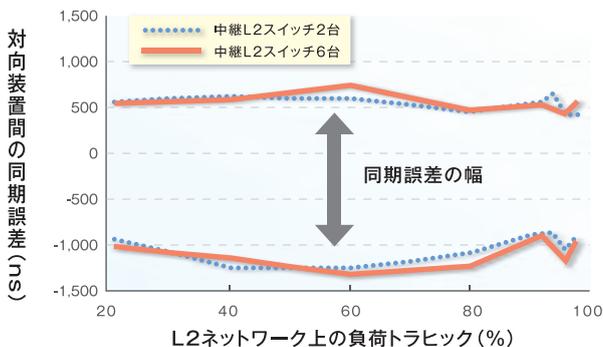


図3-3 広域・高速のL2(イーサネット)ネットワーク上での装置間の同期誤差

アプリケーション切替えが容易に行えることを確認している(図3-3)。

(3) 設備保全・運用センサネットワーク

三つ目に必要となるのは、高経年設備の増大が予想される中で、設備維持管理の高度化に寄与するICTインフラである。ここでは、設備状態監視用の無線センサネットワークなどの導入により、従来の現場巡視・点検業務を極力省力化することを目指す。

このネットワークでは、膨大な数の電力設備から状態情報を効率的に収集するため、設備の保全サイクルに応じて設置センサ数を調整できるようにすることを考えている。すなわち、通常は設備全体のおおまかな状態監視を目的として、少ない常設のセンサで計測を行い、異常予兆が現れた場合には、それを検知するために一時的に多数のセンサを追加設置して詳細な監視を行う。このため、センサ間の無線ネットワーク構成方式や、センサ着脱時のネットワーク設定などを自動化できるプラグアンドプレイ方式などの実装を進めている。

これまで、変電所構内での無線センサネットワーク構成に必要な電波伝搬特性を明らかにするとともに、センサ着脱時のプラグアンドプレイ機構の基本方式の適用が可能であることを確認した。

<参考文献>

- 1) 大場ほか:「需要地系セキュア通信ネットワークの構成と検討課題」、電力中央研究所 研究報告 R08014、2009年3月
- 2) 芹澤:「広域系統監視・高速制御ネットワークの概念と検討課題」、電力中央研究所 調査報告 R06013、2007年3月
- 3) 黒野ほか:「設備保全フィールドセンサネットワークの構成概念と技術課題」、電力中央研究所 研究報告 R08009、2009年3月

3.2 デマンドレスポンスの検討

エネルギーマネジメント技術は、スマートグリッドの中でも需要家インセンティブに基づく新しい需給運用方式として、その可能性が注目されている。

電気事業では、従来から季時別料金制や需給調整契約などが適用されているが、米国などではICTの進歩と電力市場整備に伴い、エネルギーマネジメントシステムを活用したデマンドレスポンス(DR)プログラムが運用されはじめている。DRは、従来のデマンドサイド・マネジメント(DSM)を進化させて、より短時間の需給調整を可能とする技術である。将来は、スマート家電や電気自動車などの二次電池を活用して、家庭用太陽光発電(PV)システムからの余剰電力対策などにも適用することが考えられている。

(1) 技術ポテンシャルの評価

当所は、米国のDR実施状況や評価上の課題などを調査した上で、わが国におけるDRの適用可能性を分析している。

具体的にはこれまでに、業務用需要や空調需要の割合が大きい東京電力株式会社の供給エリアを対象に、さらに、需要部門のうち、夏期電力ピーク需要を押し上げている事務所ビルおよび小売を対象にDR適用時の技術ポテンシャルを評価した。技術ポテンシャルとは、プログラム対象需要分野に対して、技術的に導入可能な負荷削減方策や技術を全て適用した場合の削減量(kW)を指す。これとともに、需要家のプログラム契約率や当日のプログラム参加率などを考慮した市場ポテンシャルなども検討を進めている。

一つの検討例として、DR制御技術としては適用性が高いとされている空調設定温度の変更、照明の

ゾーン別制御、さらに将来において適用性のあるコンピュータのピークシフトを取り上げた。夏季平日13-16時のピーク時間帯に上記DR対策を発動した場合の負荷削減量は、空調設定温度の変更が75万kW、共用スペースなどの照明消灯が41万kW、ノートパソコン・サーバの電力ピークシフトが12万kW、合計約130万kWである(表3-1)。業務部門のみで大きな需要調整ポテンシャルがあることを示している。

	事務所ビル	小売店舗
空調換気用途: 空調設定温度の変更(26.2℃→28℃)	35	40
照明用途: 共用スペース・バックヤード・ペリメータ (窓際)の照明の消灯	30	11
IT機器用途: 内臓バッテリー・UPSを用いたノートPC とサーバ用電力のピークシフト	12	
合計	129	

表3-1 空調・照明・IT機器用途のデマンドレスポンスによる事務所ビル・小売店舗の需要調整ポテンシャル(東京電力管内、2020年度、単位:万kW)

(2) 需要家の受容性評価

市場ポテンシャルを評価する上で、DR制御に対する需要家の受容性は重要な要素である。中小規模需要家向けのDRの潜在的市場規模は大きい、その受容性は十分に研究されていない。都内のあるオフィスを対象に、予備的な制御試験を行った。2009年夏季の平日のうち、気象庁が午前11時に発表する予想最高気温が30℃を超えた日を制御日とし、空調機のON/OFF運転や照明のゾーン制御などを実施し、負荷削減効果と勤務者の快適性に与える影響を調査した。また、ベースライン負荷モデルを考案し、DR制御による削減電力を推定した。5分OFF、10分ONの制御イベントと5分OFF、5分ONの制御イベントは、それぞれ平均で10%、23%の当該オフィスの電力負荷を削減した(図3-4)。

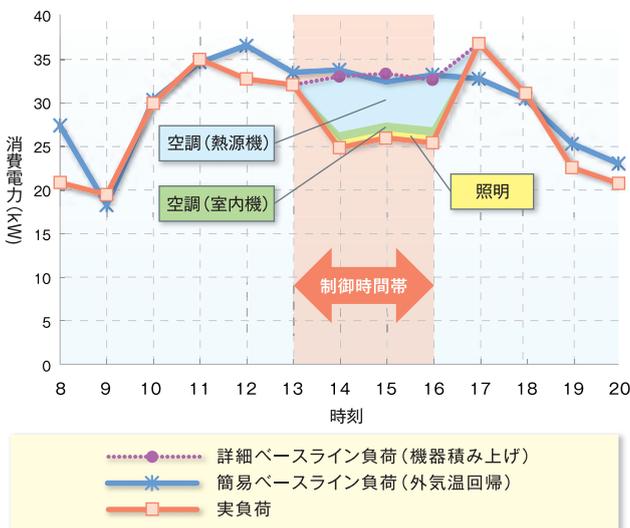


図3-4 制御日における削減電力の推定

今後は、上記以外の制御方式も含めて、さまざまな試験を通じて、需要調整効果が大きく、かつ、勤務者あるいはその雇用者が受容可能なDR制御手法と経済的インセンティブのあり方を検討していく。

<参考文献>

- 1) 高橋ほか:「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
- 2) 高橋、上野、高山、浅野:「オフィスにおけるデマンドレスポンス制御試験:需要調整効果と居室内快適性の分析」、第26回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集、2010年1月

* 当所の報告書は、WebサイトにてPDF版をダウンロード(無料)できます。

電中研「次世代グリッド研究会」

スマートグリッドについては、一部でイメージ先行、あるいは政策的な議論となっているところもある。わが国の電力系統の特質を踏まえた上で、特に、技術的な面からわが国のスマートグリッドに向けた課題とその姿を明らかにするために、2009年の7月に「次世代グリッド研究会」を立ち上げた。

本研究会の目的は、以下の通りである。

- ①PV大量導入のもとで、電力系統の安定運用を実現するための技術課題を多岐にわたって抽出・整理するとともに、必要となる研究開発の方向性を明らかにする。
- ②電気利用の拡大と一層の効率化、利便性向上なども含め、将来の低炭素社会を支えるわが国の電力供給・利用インフラ(スマートグリッド)のあるべき姿を、特に技術面から明らかにする。

構成メンバーは、大学、電力、メーカー、電中研からなる主に電力系統を専門とする技術者、研究者21名である。

類似のさまざまな研究会が設立される中で、本研究会の特色は以下となる。

- ・供給信頼度への影響など一般の議論では見逃されているような系統技術課題を含めて議論
- ・大学での研究課題発掘のヒントと多様な研究アプローチにつなげる
- ・必要に応じ、定量的解析・評価を踏まえた技術的

課題の検討

2009年末までは上記の①を対象に、系統技術面から見たPVの特質を「気象依存型の電源」、「分散設置された需要家電源」、「インバータ型電源」の三つの観点からとらえ、大量導入に伴う系統技術課題を網羅的に抽出するとともに対応の方向性を整理した。このうち、特に早期に検討が必要な課題として、PVシステム単体としての要求仕様の明確化、広域導入時のPV出力特性の把握、余剰対策に関わる課題などを抽出するとともに、大学、電力、企業などでの課題検討の役割分担を提案した。その成果の詳細については、2010年3月の電気学会全国大会のシンポジウムで発表した⁽¹⁾。本年4月からは上記課題の整理から明らかになった実務的課題として「安定供給業務に必要な新しいツール」の要件と、日本型スマートグリッドの姿について検討を進めている。

(1) 栗原、永田：「太陽光発電大量導入に関わる系統技術課題・対応・研究テーマ～次世代グリッド研究会・中間報告～」、平成22年電気学会全国大会シンポジウム S24-1

研究設備の紹介

「需要地系統ハイブリッド実験設備」

設置場所:赤城試験センター(群馬県前橋市)

地球環境問題への対応などから、わが国でも太陽光発電や風力発電などの、再生可能エネルギー電源の大量導入が見込まれています。また、燃料電池発電、コジェネ発電などの普及動向についても引き続き注視していかなければなりません。

当所では、こうした各種の分散形電源が大量に導入された将来の新しい配電システムを「需要地系統」と名付け、2003年に本設備を設置し、「需要地系統」に関わるいろいろな課題について研究しています。本設備は、わが国でも最大の実規模大の配電実験設備で、以下の特色を持っています。

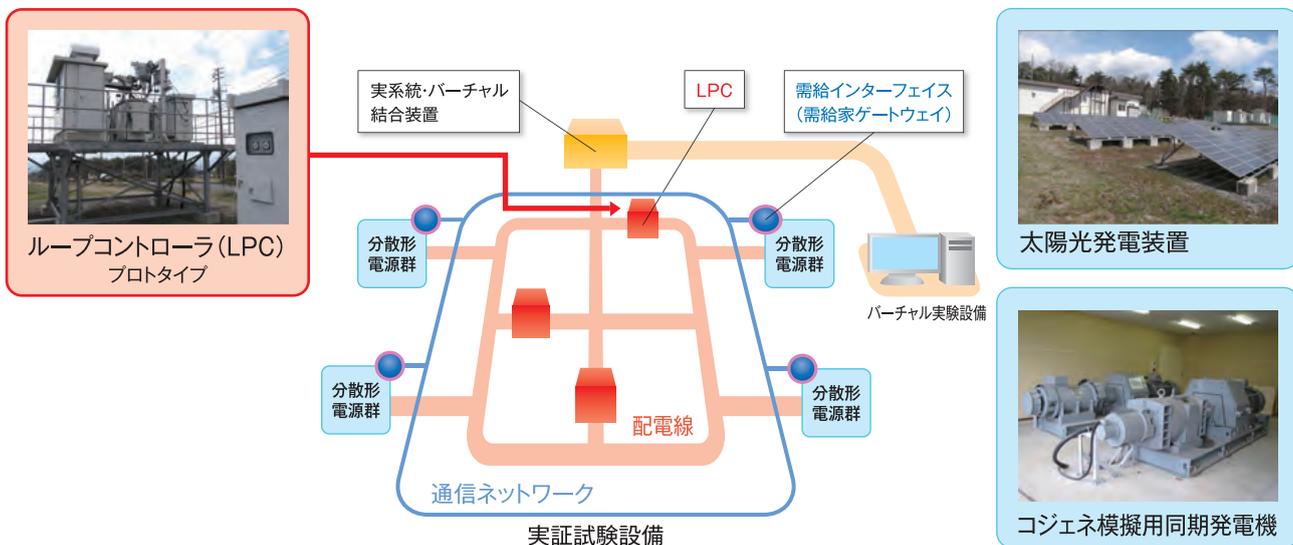
1. わが国のさまざまな配電形態に対応できるように、6.6kVおよび22kVの放射状、ループ状などの系統構成を組み合わせることができます。実験用配電線は、5kmにわたり架空で敷設されたものと、最大60km相当を抵抗で模擬したもので構成しています。
2. 太陽光発電、風力発電、燃料電池発電、コジェネ発電などの分散形電源の模擬装置を設置しています。
3. 上記の模擬設備を4ヶ所に配置し、総容量は1250kW。これは、一つの配電線に40~60%の分散形電源が入った容量にあたります。
4. これらの実規模の実証試験設備と、上位の送電系統や隣接した配電システムをバーチャルに模擬したリアルタイムシミュレータとを組み合わせたハイブリッド実験設備



で、より広い範囲での系統現象も実験できます

この設備により、分散形電源が系統に連系された時に起きる可能性のある電圧変動などの事象とその対策を、実験的に確認、検証することができます。当所はこの設備を使って、次世代グリッドの研究開発を進めていますが、配電システムの技術開発に関わるさまざまな研究にも、活用しています。

■ 需要地系統ハイブリッド実験設備





見えないものを

“みる”

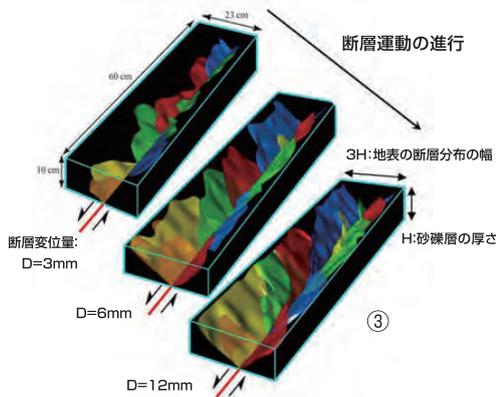
これは何!?

上から力を加えたコンクリート試料を撮影したものです。見た目ではよくわからないひびや小さな気泡も、どこにどのくらい入っているのかを見ることができます。



これを撮影したのは、病院などにある医療用の「X線CTスキャナー」という設備です。レントゲンと同じで、X線が対象物の中をどのくらい透過したかを白黒の濃淡で見ることができます。最大の特長はレントゲンと違って、平面的ではなく立体的に見ることができることです。

当所の地球工学研究所(我孫子地区)では、この医療用のCTスキャナーを用いた模型実験を行い、地盤や構造材料の中がどのようになっているのかを調べる研究を行っています。模型や試料を壊さずに中の様子を観察することができます。工学系の研究機関として、こうした設備を利用しているのは極めて稀です。



ヘリカルX線CT解析による断層の3次元発達過程

これは、地下5kmに横ずれ断層が起きた場合を想定した模型実験を①、CTスキャナーで撮影し②、断層の発達過程を3次元で解析したものです③。実際の断層では、表面の亀裂しかわかりませんが、模型実験でCTスキャナーを使うと地下から地表に向けて亀裂が進展する様子を把握することができます。



当所では、このような模型実験を行い、地下ですれた断層が地表に届くまでに、どのくらいの幅で亀裂が広がるのかを予測計算するための基礎データとしています。

亀裂が広がる範囲を事前に予測できれば、建物を活断層からどのくらい離して建てればよいかを、合理的に決めることができます。

次号予告「自然災害から電力施設を守る」

雷、台風から電力施設を守る技術、また配電設備の復旧対策を支援するシステムを紹介します。

DEN-CHU-KEN
TOPICS

発行：一般財団法人 電力中央研究所 広報グループ

〒100-8126 東京都千代田区大手町1-6-1 (大手町ビル7階)

TEL：03-3201-6601 FAX：03-3287-2863

<http://criepi.denken.or.jp/>