

関西電力が考えるスマートグリッドについて

A Smart Grid concept of the Kansai Electric Power

関西電力株式会社
The Kansai Electric Power Co., INC.
月山 將
Susumu TSUKIYAMA

キーワード：スマートグリッド(Smart Grid)、太陽光発電(solar power system)、余剰電力(surplus electricity)、周波数調整力(frequency control capability)、配電系統電圧上昇(distribution system voltage swell)、新計量システム(AMR, AMI)

1. はじめに

「スマートグリッド」は、非常に幅広い技術を含んだ概念であり、共通の定義があるわけではない。実際、各国は電力系統にそれぞれ独自の課題を抱えており、その課題に対応するものをスマートグリッドと位置付けているため、各国が目指すスマートグリッド像は異なっている状況である。よって、まず、日本を含めた各国がスマートグリッドに取り組む事情を説明し、その後、関西電力のスマートグリッドへの取組状況について紹介する。

2. 各国のスマートグリッド事情

(1)米国

米国では、送配電設備の老朽化が進展し、設備更新や高度化が遅れた結果停電が多く、また、ピーク需要の伸びが旺盛で将来の供給力不足が懸念されている状況にある。こうした課題に、ITを活用した電力系統の監視・制御の自動化や需要の抑制などの「スマート化」で対応し、大規模な電力系統の設備投資を抑制しようというのが米国のスマートグリッドの狙いと考えられている。併せて、政府はグリーンニューディール政策として資金供与を実施し、景気対策・雇用対策も視野に入れている。

(2)欧州

欧州では、各国の電力系統が複雑に接続され、電力系統がメッシュ化している。一般的にメッシュ系統では各国間の電気の流れを調整することが困難であるが、これに加えて、近年出力変動が大きく予測が困難な風力発電等の分散型電源が急速に増加し、電気の流れの調整は更に困難になっており、送電線の混雑も頻繁に発生している。このような状況の下、2006年には風力発電が原因となる欧州全域にわたる大停電が発生している。これらを契機に、分散型電源の調整等を行う技術としてスマートグリッドが期待されている。

(3)日本

日本では、欧米でのスマートグリッドの議論に触発される形で導入が議論され始めたが、日本の電力供給信頼度は世界最高水準で、既にITを活用した電力系統の監視制御の自動化は整備が完了しており、また、省エネの進展や少子高齢化などの影響で電力需要のピークが伸びず、発電設備の増設ニーズも少ないため、電力需要のピークを抑制する効果は低い状況にあるなど、欧米とは電力事情が大きく異なっている。一方で、日本は国の政策として、太陽光発電の導入量を2020年までに現状の20倍(2800万kW)にするという大きな目標を掲げており、今後、大量導入が予想される太陽光発電を主とした再生可能エネルギーへの対応が大きな課題となっている。このため、日本におけるスマートグリッドは、「従来からの集中型電源と送電系統との一体運用に加え、情報通信技

術の活用により、太陽光発電等の分散型電源や需要家の情報を統合・活用して、高効率、高品質、高信頼度の電力供給システムの実現を目指すもの」と、国の研究会で整理されている（低炭素電力供給システムに関する研究会報告書；H21年7月）。尚、図1は「次世代エネルギーシステムに関する国際標準化に関する研究会」において示された、スマートグリッドの概念図である。

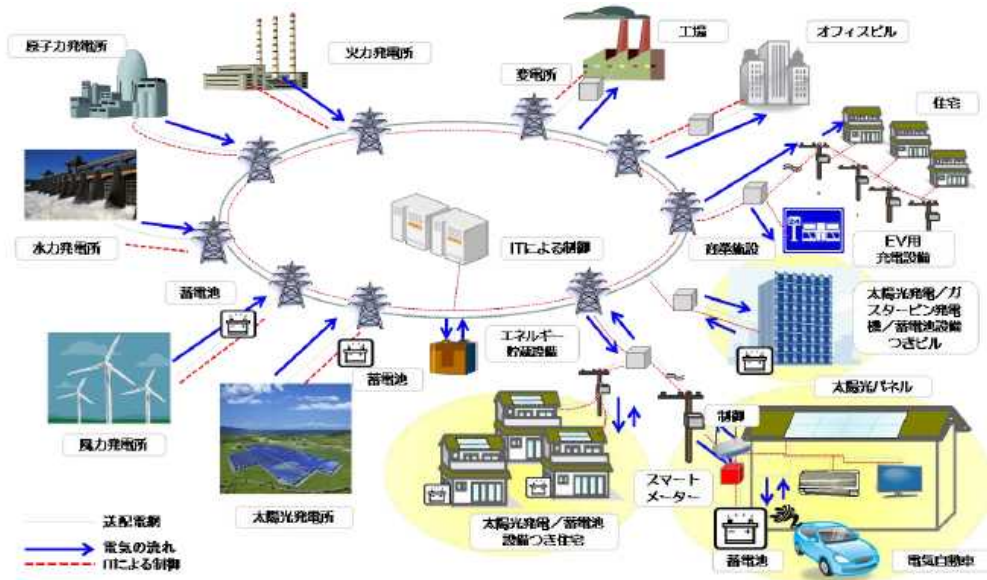


図1 スマートグリッド概念図

(出展：次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に関する研究会報告書、H22年1月)

3. 「日本型スマートグリッド～太陽光発電大量導入へ課題と対応～」

電力システムから見た太陽光発電は、大量に導入された場合、大きく分類して、余剰電力の発生、周波数調整力の不足、配電システムにおける電圧上昇という課題がある(図2)。

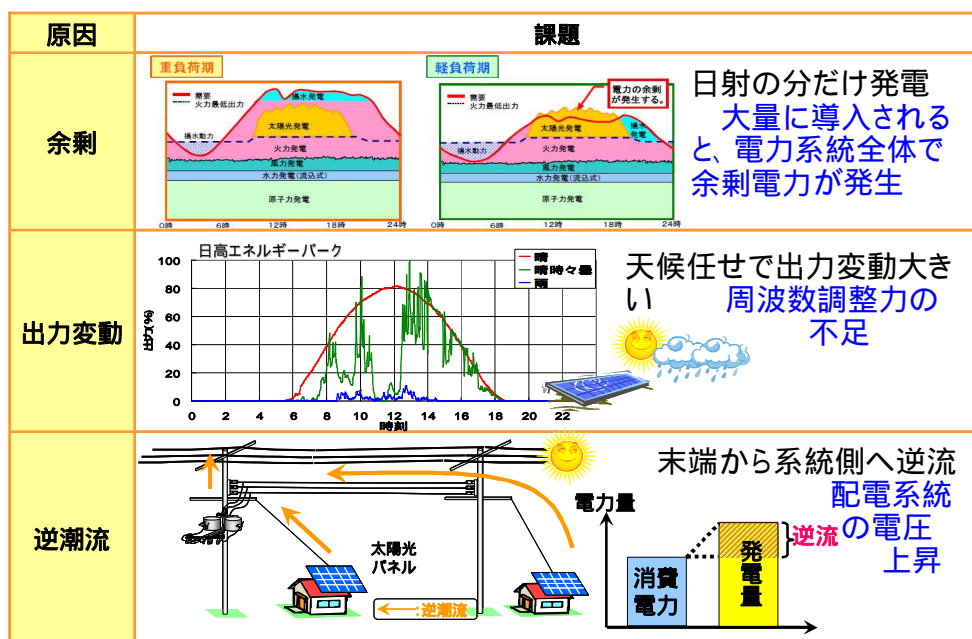


図2 太陽光発電大量導入時の課題

(1)余剰電力の発生と対策

太陽光発電が大量に導入された場合、電力系統全体で余剰電力が発生するという問題がある。具体的には、電力需要の少ない時期（GW や土日）に、ベース供給力(原子力、水力、火力最低出力)等と太陽光による発電量の合計が需要を上回り、余った電気を揚水発電所に貯蔵するが、昼間の余剰が数日間続くと揚水発電所に蓄えられる容量（上部調整池の貯水容量）を超えてしまう。

現状、揚水発電所は、平日の昼間に「水を降ろし」て発電し、平日と休日の夜間にポンプを運転して「水を揚げる」ことで、週間運用を実施している。しかし、将来、太陽光発電が大量に導入された場合、現状のように平日昼間に発電することが困難となることはもちろん、平日昼間に揚水を行う必要が生じる可能性すらある。そうすると、発電は平日の日没後の短時間しか出来なくなるため、結果として、揚水発電所の上部貯水池が溢れてしまう。つまり、この余剰問題は、数日単位で余剰が累積される結果、電力の貯蔵能力が一杯になることであり、一日のうちで夜間の需要を昼間にシフトすることは抜本的対策にはならない。なぜなら、夜間の需要を昼間にシフトすると、太陽光の発電量の多い昼間の揚水動力電力量は確かに小さくなるが、その分、夜間の揚水動力電力量は逆に大きくなるから、結果として上部貯水池が溢れてしまうことには変わりないためである。

このように、既存の貯水容量にも限界があり、また、新たな揚水発電所建設は簡単ではないことから、蓄電池に余剰電力を貯蔵する案が検討されている。しかし、蓄電池だけで全ての余剰電力に対応するには、莫大な蓄電池費用が必要との国の試算が出されていることから、余剰が発生すると考えられるGW等の特異日や土日の限られた期間だけ太陽光発電の出力自体を抑制する案が検討されており、出力抑制を行うことで蓄電池対策が大幅に低減できるという試算も出されている。

(2)周波数調整力の不足と対策

太陽光発電は出力が天候等により大きく変動するため、系統全体での周波数調整能力が不足するおそれがある。太陽光発電の出力変動は、調整力のある電源(火力発電等)の出力増減で調整をすることになるが、太陽光が大量に導入されると、変動分が拡大するからである。このため、太陽光発電の大量導入に対応し、瞬時瞬時の需給調整力を確保するための新たなシステムを検討する必要がある。まず、技術開発のベースとなる太陽光出力データの蓄積・分析を実施し、それに基づき太陽光の出力予測システムや高性能蓄電池システムを研究開発し、それらを電力系統全体の需給コントロールシステムに織り込んでいくことが今後の課題である。現在、国の補助事業において、全国大で太陽光発電の出力変動の実態を把握する目的で、全国320箇所に日射量計、気温計を設置し、データの蓄積、分析を開始している（このうち111箇所は、実際の太陽光発電の出力データも計測）。

(3)配電系統における電圧上昇と対策

太陽光発電の発電量が家庭における電力消費量を上回ると、系統側に電力が逆流し、配電線の電圧上昇の原因となる。このため、逆潮流により連系点の電圧が適正值（ $101 \pm 6V$ ）を逸脱しそうな場合には、当該配電線に連系する他の需要家の電圧を適正に維持するよう、発電装置に備わった電圧調整機能により自動的に発電が抑制される。今後、太陽光発電の増加に伴いこうした電圧上昇の発生が増えると、発電抑制の頻度も増えると考えられ、太陽光発電の普及に影響が出る可能性がある。対策として、配電系統の負荷監視や電圧制御方式を高度化する取組み（配電自動化システムの高度化）を実施していく。

4. 関西電力のスマートグリッドへの取組

(1)関西電力のスマートグリッド（定義）

関西電力では、米国のスマートグリッドの目的と考えられる「(供給力対応等のため本来必要な)設備投資の抑制」「低炭素化」「お客さま利便性向上」のうち、最初の項目は我が国に当てはまらないのではないかと考えた結果、スマートグリッドの目的を「低炭素化」「お客さま利便性向上」に絞ることとした。これを踏まえ、関西電力では「基盤となる電力系統の安定性を失うことなく、低炭

素社会の実現およびお客さま利便性向上を目的に、IT・蓄電池などの新技術を用いて、高効率、高品質、高信頼度の電力供給システムの実現を目指すもの」をスマートグリッドと位置づけ、積極的に検討を進めていくこととし、関西電力グループ長期成長戦略 2030（H22.3.26 発表）にて発表した。

(2) 関西電力の取組状況

関西電力は、図 3 に示すように、国の実証事業への参画や独自の取組により、スマートグリッドについて積極的に取り組んでいる。以下、当社の主な取組について概要を紹介する。

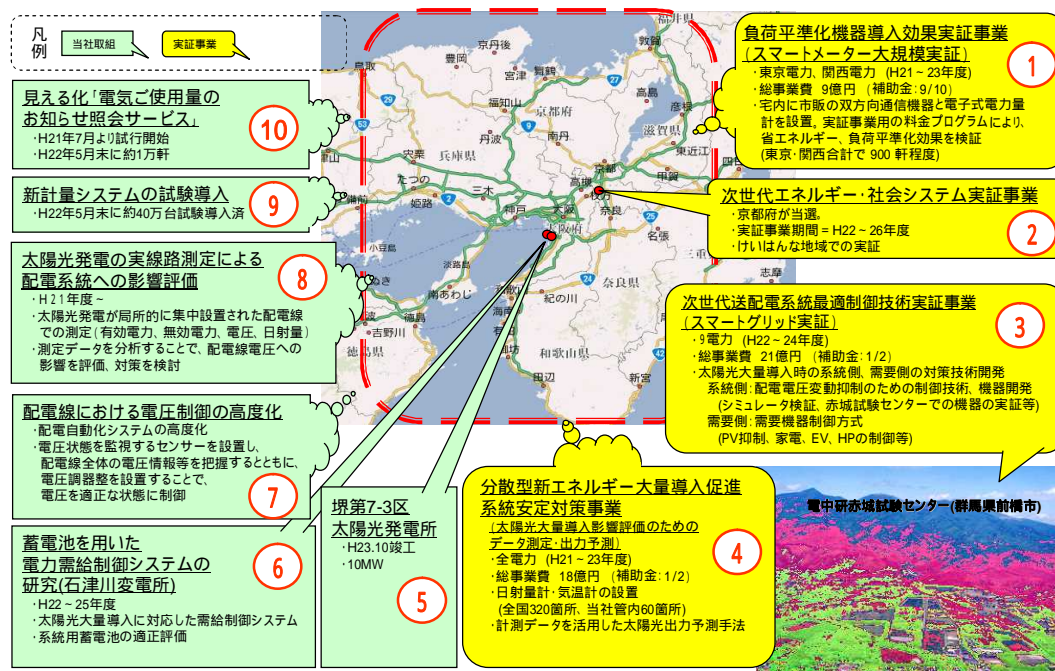


図 3 関西電力のスマートグリッドに関する取組

負荷平準化機器導入効果実証事業（経済産業省資源エネルギー庁）

スマートメーターの導入効果の一つとして、一般的にデマンドレスポンスやデマンドサイドマネジメントが言われているが、実際には、その効果や精度の確実性など未知の部分が多い。このため、一般家庭を対象に、東京電力と共同で 900 台のスマートメーターを設置、設置対象家庭を複数のグループに分け、料金プログラムや機器制御技術を活用した需要側管理(デマンドサイドマネジメント)による省エネ、負荷平準化効果の検証を開始している。(H21～H23 年度)

次世代エネルギー社会システム実証事業(経済産業省商務情報局)

この実証事業は、低炭素社会実現に向けて、再生可能エネルギーの導入や、それに伴う系統安定化対策を進めるとともに、エネルギーに加え、地域の交通システムや都市計画、消費者行動などを複合的に組み合わせた実証事業(H22～26 年度)であり、全国 21 地域の公募の中から 4 地域が選定された。そのうち、当社管内の京都府「けいはんな」の実証事業において、当社は、家庭内および電力系統も含めたエネルギー最適利用の検証等で京都府に協力していく予定である。

次世代送配電系統最適制御技術実証事業(経済産業省資源エネルギー庁)

先般、東京電力が発表(H22.5.21)した「次世代送配電系統最適制御技術実証事業(H22～24 年度)」に参画し、太陽光発電の余剰電力を効率的に活用する需給制御技術の確立などに取り組んでいく予定である。

分散型エネルギー大量導入促進系統安定対策事業(経済産業省資源エネルギー庁)

前述のとおり、現在、全国大で太陽光発電の出力変動の実態を把握する目的で、全国 320 箇所(当社管内では合計 60 箇所)に日射量計、気温計を設置し、データの蓄積、分析を開始している。今後は、太陽光発電大量導入時の出力変動特性の分析を進め、周波数変動を抑制するために必要な調整量や予備力等を推定していく予定である。(H21～H23 年度)



図 4 関西電力管内での日射量データ測定

堺第 7 - 3 区太陽光発電所(メガソーラー)

大阪府堺市の臨海部にて、10MW のメガソーラー建設工事を H21 年 11 月から進めており、H22 年の秋に部分運開(3MW)、H23 年秋に竣工する予定となっている。今後、メガソーラーの建設面や運用面での課題の検証や、メガソーラーの出力変動が系統周波数や電圧に与える影響や、インバーター連系による高調波発生レベル等、メガソーラーが導入された場合の電力系統に与える影響、課題について検証を進める予定である。



図 5 堺第 7-3 区太陽光発電所(仮称)

蓄電池を用いた電力需給制御システムの研究(石津川変電所)

太陽光発電などの新エネルギーが大量に電力系統に導入された場合に、電力系統の供給信頼度を確保するため、堺第 7-3 区太陽光発電所が連系する石津川変電所構内に二次電池(ニッケル水素電池、100kWh)を設置し、蓄電池を活用した新たな電力需給制御システムの研究を行うとともに、電力系統で用いる蓄電池の適正評価および寿命評価を、H22 年度より開始する予定である。

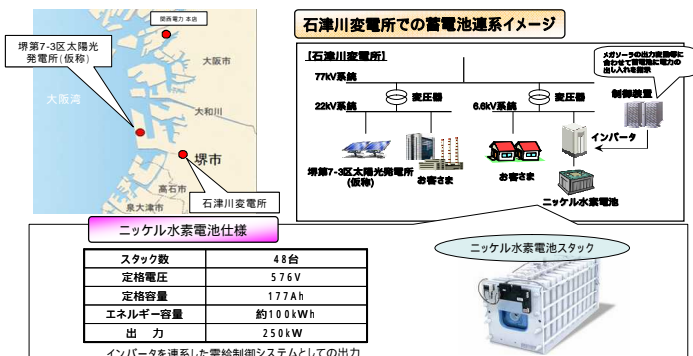


図 6 蓄電池を用いた電力需給制御システムの研究

配電線における電圧制御の高度化

大規模な太陽光発電の連系申し込み等に対し、配電線への影響度を事前評価するツールを開発、現場に試験的に配備している。太陽光発電の連系箇所ごとに、お客さまの電気ご使用パターンや太陽光発電の出力パターンを入力し、系統側の線路データから配電線上の電圧を算定し、電圧の上昇で太陽光発電の抑制がかからないかなどをシミュレーションによりチェックすることが出来る。現在、試験運用中であり、今後、使いやすさなど、更なる改良を図る予定である。

また、当社は、既に導入している配電自動化システムの高度化も検討している。配電自動化システムは、事故停電の減少、作業停電の減少、系統監視・制御の高度化を目的とし、営業所から通信網を介して配電システムの監視・制御、切替えを行うシステムであるが、将来の太陽光発電の大量導入を想定した設計とはなっていないため、今後、電圧を主とした電力品質の監視・制御に関する機能の強化を検討する予定である。具体的には、太陽光発電の余剰データ(30分値)と気象データによる太陽光発電の出力予測や、センサ開閉器等による配電システム全体の電圧分布の推定、電圧調整装置の遠隔監視などに取り組む予定である。

太陽光発電の実路測定による配電系統への影響評価

配電線における電圧上昇の対策を検討するためには、さらに細かいレベルでのデータ蓄積が必要となるため、当社管内の太陽光発電が局所的に集中設置されたエリア(200軒の家庭)に、測定器を設置し、秒単位のデータ蓄積を昨年の春から実施している。図7は、晴れ時々曇りの天候下において、戸別、100軒のかたまりで測定した太陽光発電データの例であり、縦軸が発電出力、横軸が時間(分)を示している。どちらも分以下の細かい時間レベルで刻々と変動している様子が分かる。これらの得られたデータを、配電線で電圧への影響評価、および対策の検討に活用する予定である。

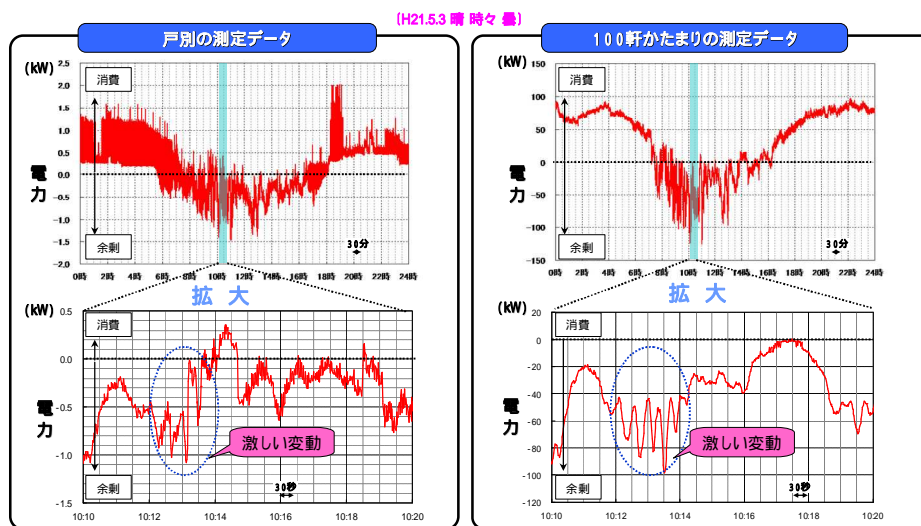


図7 太陽光発電出力の測定データ例(H21.5.3 晴時々曇)

新計量システムの試験導入

新計量システムは、お客さまのご家庭に設置している電力量計に通信機能を持たせ、面的に整備された光ファイバーなどを活用して、計量業務を営業所から遠隔で実施するシステムであり、H11年頃から約10年の研究開発期間を経て、H20年度から試験導入を開始した。H22年5月末時点で約40万台の新型メーターが導入済となっている。

新型メーターは通信、計量、負荷開閉の3つのユニットを差し込む構造となっており、通信メディアの変更に柔軟に対応が可能、効率的かつ安全に計器の取替えが可能、負荷開閉機能の有無

の選択が可能などのメリットがある。

メーターの 30 分ごとの計量値はメーター同士の無線のバケツリレーにより電柱上の集約装置に送られ、そこから営業所などまでは光ファイバー網で送られる。一方無線が比較的届きにくい大規模集合住宅の場合には、PLC 方式により、全戸から集約装置までの通信を可能としている。

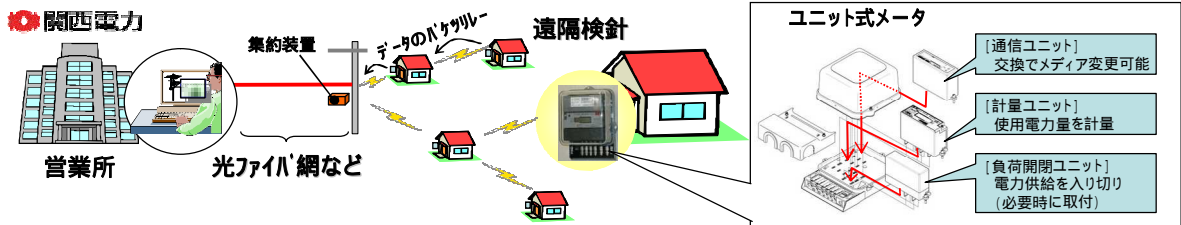


図 8 新計量システムの概要

見える化「電気ご使用量のお知らせ照会サービス」

新計量システムを活用したお客さまサービスの向上の例では、昨年7月からインターネットによる「電気ご使用量のお知らせ照会サービス」を試行開始している。当サービスにご加入いただき、さらに新計量システムが導入されているお客さまには、1時間単位の電気使用量をグラフで表示し、見える化によるお客さま省エネ活動のサポートをしている。

5. まとめ（関西電力のスマートグリッドの将来）

これまで述べてきた関西電力のスマートグリッドの取組をまとめると、図9のようになる。出力が不安定な太陽光発電等の新エネルギーを電力系統に取り込み、安定的な電気に変えて、お客さまにお届けするための、需給調整力の確保・向上、配電系統の高度化を進めていく。また、エネルギーの見える化などのお客さまサービスを提供する。さらに、今回は説明を省略したが、高度成長時代に大量に施設した設備も、高経年化が進んでいるため、それらの適切な更新・維持もスマートグリッドの前提となるべき、重要な取り組みと位置づけている。

今後、低炭素社会への流れの加速など、これまでの延長線では対応できないような大きな変化が予想されるが、そのような社会において、いかにして3つのE(Environment:地球環境、Energy security:エネルギー安定供給、Economy:経済性)を同時に達成していくかが重要な課題となる。関西電力は、低炭素社会のメインプレイヤーとして、その実現に貢献していくとともに、引き続き安全・安定供給をしっかりと支えながら、各実証事業への参画をと通じて、エネルギー分野における3つのEの実現に積極的に取り組んでいきたいと考えている。

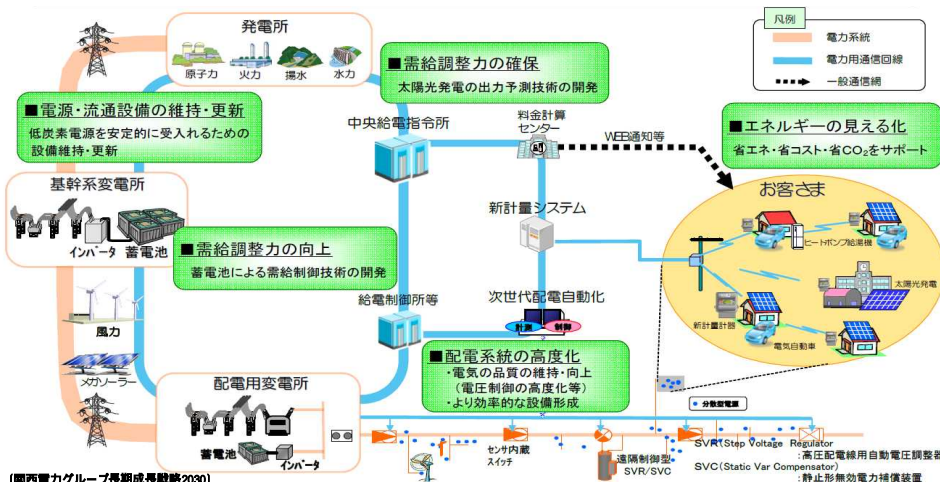


図 9 低炭素社会の実現とお客さまの利便性向上を目的とした電力供給システム