

インターテックリサーチ レポート No.8 2010.4

スマートグリッド技術の整理



英国 National Grid Transco 資料より

Rev.1 平成22年4月3日

インターテックリサーチ株式会社
新谷 隆之

1. はじめに		2
2. スマートグリッド分類図		3
3. SG関連技術要素－電力レイヤ		4
4. SG関連技術要素－電力・通信レイヤ		12
5. SG関連技術要素－通信レイヤ		14
6. SG関連技術要素－APレイヤ		17
7. SG関連技術要素－通信・APレイヤ		23
8. SG関連技術要素－まとめ		24

1. はじめに

スマートグリッドは、様々な技術の集合体です。スマートグリッドを語る際、その語り手がどのような技術的バックボーンを持っているかによって、スマートグリッドの見方・考え方が違っている気がします。

『群盲象を語る』という表現がありますが、スマートグリッドという「巨大な象」を理解するには、今どの部分について語られているのか？ それは、その他の部分とどのような関係になっていて、どういう役割を担っているのか？ を意識しないと、スマートグリッドに対して誤った認識を持つ結果となりかねません。

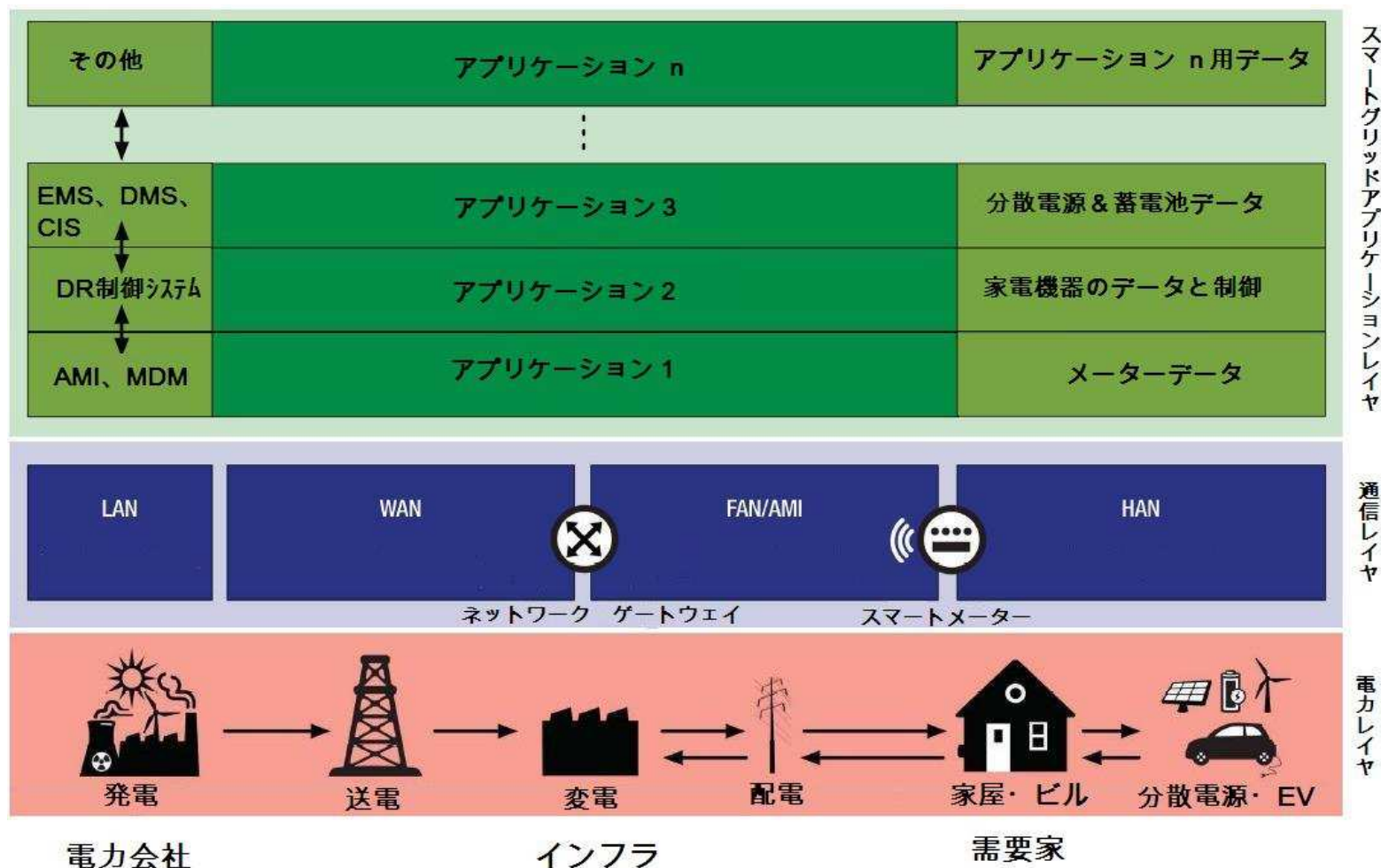
この資料では、GTMリサーチ社が作成したスマートグリッド分類図を利用して、スマートグリッドを構成する技術が、スマートグリッド全体でどのような位置づけにあるのかを示し、当該技術の定義と関連キーワードを、1件1ページにまとめました。

また、最後に、これらのSG関連技術要素をまとめて1枚のスマートグリッドの図を作ってみました。

この資料がスマートグリッドの全体像を理解する上で何がしか皆さんのお役に立つことができれば幸いです。

2. スマートグリッド分類図

スマートグリッド（以下SGと略）は、発送配電の電気の流通だけでなく、ICTによる情報の流通、更に、その情報をベースとしたサービスの流通にかかわるいろいろな構成要素からなっている。そこで、本章でSG関連技術要素を見ていくに当たって、それらが、SG中でどのような位置づけにあるのかを、以下の図を用いて表すこととする。



出典: GTM Research The Smart Grid in 2010 : Market Segments, Applications and Industry players

3. SG関連技術要素－電力レイヤ

■ 風力発電

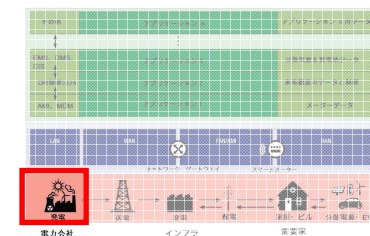
【定義】

再生可能エネルギーのひとつである風力エネルギーによって発電する方式。通例、風車で発電機を回して発電するが、他の方法も考えられている。温室効果ガスの排出が少ないこと、運転用燃料が不要で持続的に利用できるほか、経済面での効果などが重要視され一方、出力が変動するなどの欠点も有し、対策を要する場合もある。

風力原動機はロータ径が大型化するにつれて効率が向上し、採算性も向上する。これは地上付近では地面や障害物等による摩擦があり、高所の方がより効率よく風を捉えられるのが大きな理由である。このため発電事業用の風力原動機は大型化する傾向にあり、2008年には5MWの機種も登場して

大規模な風力発電所はウインドファーム (Wind Farm : WF) と呼ばれ、大型火力発電所に匹敵する規模のウインドファームも存在するが、建設に要する工期は短いのも1つの特徴である。

※日本では住宅用太陽光発電の普及が目指されており、大量導入による配電網への影響が懸念されているのに対して、風力発電は、高圧送電網に接続されるので、送電網に対する出力変動の影響が懸念されている。



【ウインドファームの例】



出典: Wikipediaウインドファームおよびケニアのウインドファーム: <http://johnkaranja.com/2009/09/04/kenyan-wind-farms-why-they-could-be-another-white-elephant/>

3. SG関連技術要素－電力レイヤ

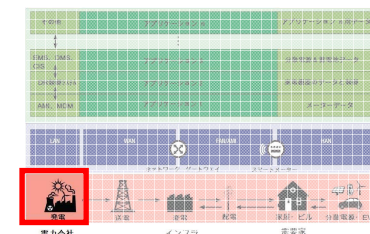
■ バイオマス発電

【定義】

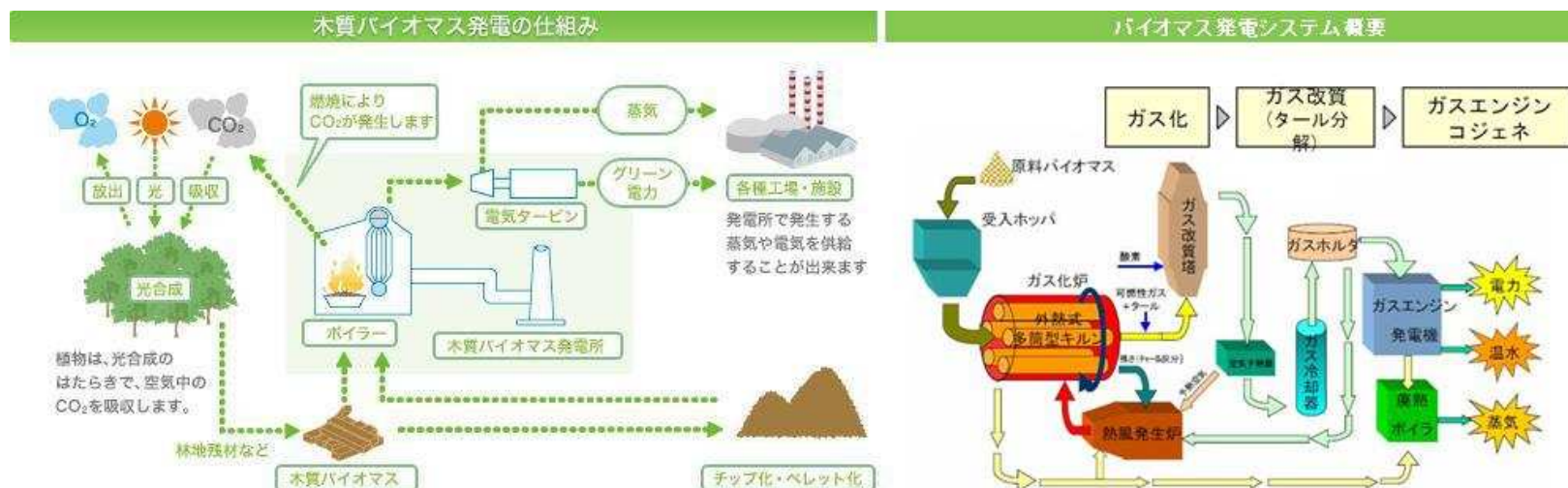
バイオマスとは、広義には「太陽エネルギーを貯えた様々な生物体の総称」とされる。バイオマス発電の対象は、より狭義な「木質バイオマス」で、木質バイオマスとは、上記した生物のうち特に植物、木材に関してそのエネルギーを取り出すものであり、バイオマスエネルギー中で現在最も有力視されているものである。

バイオマス発電は燃料として、林業における木材生産の過程に排出される端材や規格外材を用いる。発電所では発電時に燃焼による二酸化炭素が排出されるが、森林の二酸化炭素吸収量とほぼ同程度となるため、トータルの二酸化炭素排出量は従来の発電方式と比べごく微量、もしくは収支ゼロとなる。また、伐採された林地には新たに植樹を行い、この営みを繰り返す。このような、「林業」と「発電」を合わせた大きな1つの系として考えたものがバイオマス発電である。

また、ごみ焼却場や、下水処理場でバイオガスを精製し、バイオマス発電することも行われている。下図参照。



【バイオマス発電の仕組みとバイオマス発電システム概要図】



出典: SONYの環境活動 <http://www.sony.co.jp/SonyInfo/csr/eco/site/reduce/02.html>
および国立環境研究所 <http://ecotech.nies.go.jp/library/description/detail.php?id=2>

3. SG関連技術要素－電力レイヤ

■ 高圧直流送電：High Voltage Direct Current Transmission (HDVC)

【定義】

三相交流電力を直流電力に変換して送電する方法で、安定度の問題がなく、送電距離に限界がない。また、直流は有効電力のみで表皮効果もないので、損出が軽減でき、400~500 km以上の距離では直流送電が有利といわれている。

用途は大きく3つあり、①充電電流が大きくなる海底ケーブル送電、②異周波数の連系、③交流送電ループを作らないための非同期連系用に用いられる。

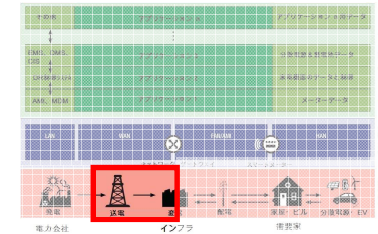
日本では、用途①として北本連系：本州（上北変換所）～北海道（函館変換所）間と、紀伊水道直流連系：本州（紀北変換所）～四国（阿南変換所）間。

用途②として佐久間周波数変換所、新信濃変電所および東清水変電所。

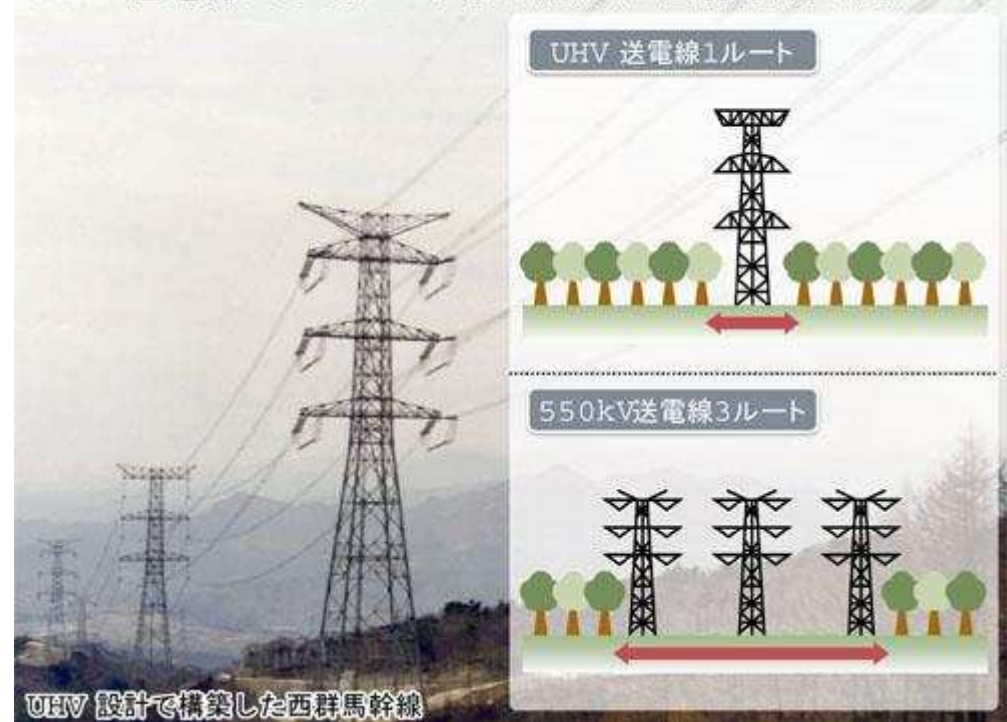
用途③として南福光連系所：中部電力と北陸電力間で直流送電が行われている。

次世代送電網という観点では、送電網の効率化、送電ロスの低減などを図るために超高電圧（UHV）での送電線網技術が不可欠で、2009年5月、と東京電力などが申請した110万ボルト超高電圧送電線網技術が、国際電気標準会議（IEC）で国際標準として認められた。

※中国やブラジルでは、次世代送電網として、HDVCに注目が集まっている



UHV 送電線によるルート数の削減（2回線鉄塔の例）



出典：SankeiBizニュース <http://www.business-i.jp/print/article/200911230024a.nwc>

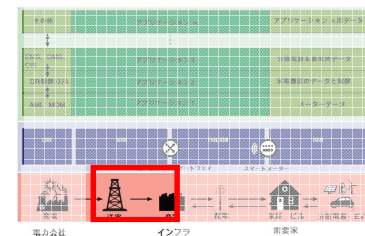
3. SG関連技術要素－電力レイヤ

■ 超伝導磁気エネルギー貯蔵装置：SMES

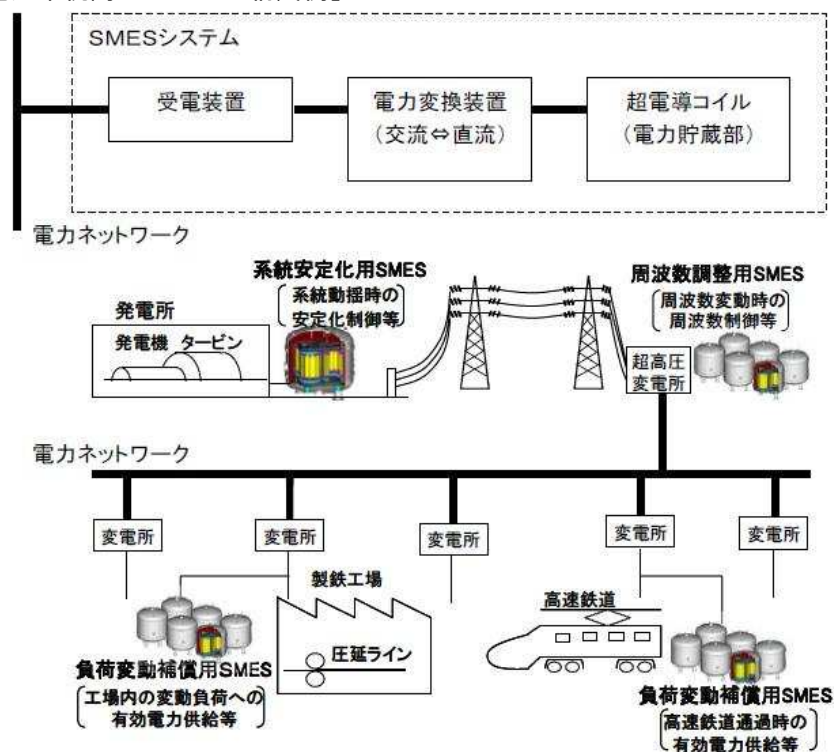
【定義】

超電導線のコイルに電気を流しても、電流が減衰することがなく一定の磁場を発生し続けることを利用し、電気エネルギーを磁気エネルギーとして貯蔵する装置。

系統電力の充電と放電を高速で効率良く繰り返し行うことができるという特長を持っており、電圧や周波数の変動を抑えることによって、電気を高品質に保つことができるので、Nas電池とともに、系統安定化に寄与する技術として期待されている。



【電力系統用SMESの構成例】



出典：中部電力ニュースリリース http://www.chuden.co.jp/corpo/publicity/press2007/0615_2.html

3. SG関連技術要素－電力レイヤ

■ 太陽光発電：photovoltaic power generation：PV

【定義】

再生可能エネルギーの一種で、太陽のエネルギーを太陽電池によって電力に変換。同じく太陽光を利用するが太陽熱発電とは別物。太陽光発電でも、使用していない土地、工場屋根などを使った大規模なものは、メガソーラーと呼ばれている。

※日本では、住宅用太陽光発電普及（2030年5300万KW目標）が目指されている

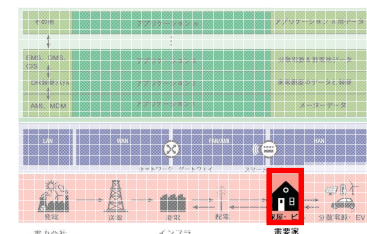
【関連キーワード】

● 太陽電池：Solar cell

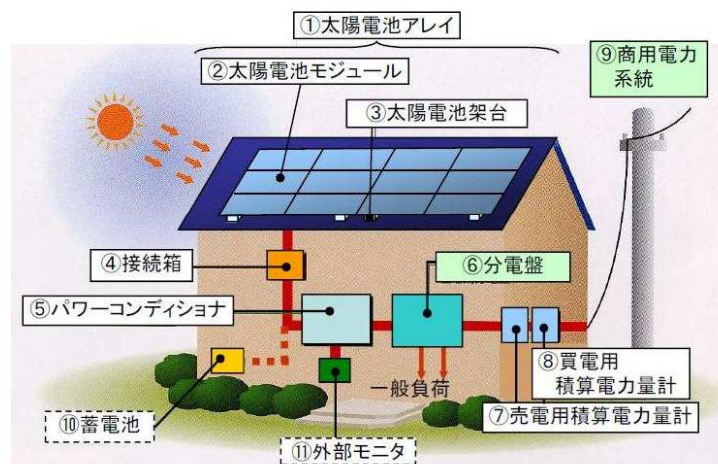
光起電力効果により、受けた光を即時に電力に変換して出力するもので、電池（一次電池や二次電池のように電力を蓄えるもの）ではない。

● 太陽熱発電：（Concentrated）Solar Thermal Power generation

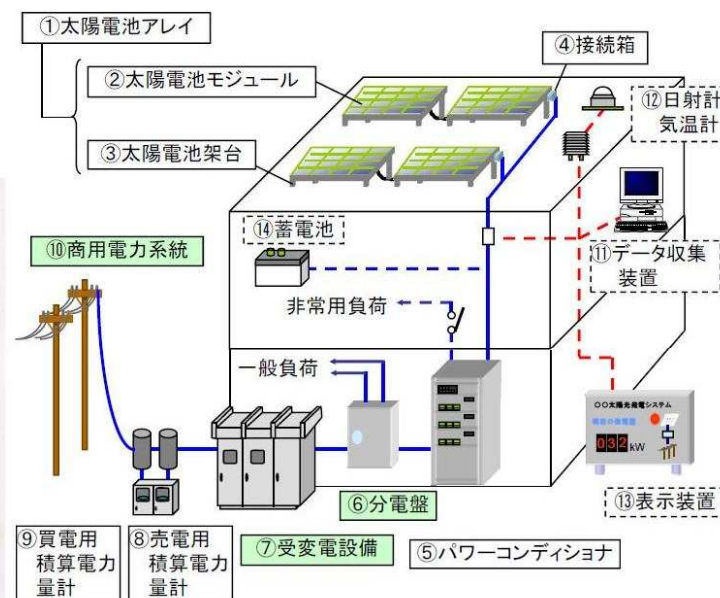
太陽熱発電は熱エネルギーを利用するものであり、昼間に熱を蓄えておくことで、夜間の発電も可能だが、相当な広さの土地が必要となる。



【太陽後発電の連系線接続例】



住宅用 低圧連系システム



公共・産業用 連系システム

出典：新日本電力株式会社 <http://www.njep.co.jp/products/solarpower.html>

■ 直流給電

【定義】

電気製品への電源用電力の供給を直流によって行うことである。屋内配線の直流化を意味しており、電力会社の送電網や電柱によって配電される系統電力を直流化する事とは異なる。

電気製品の多くが内部は直流で動作するようになり、交流電源による電力消費の無駄を省けるために2009年現在、直流給電の利点が再認識され、今後の標準化が検討、模索されている。

【対象分野】

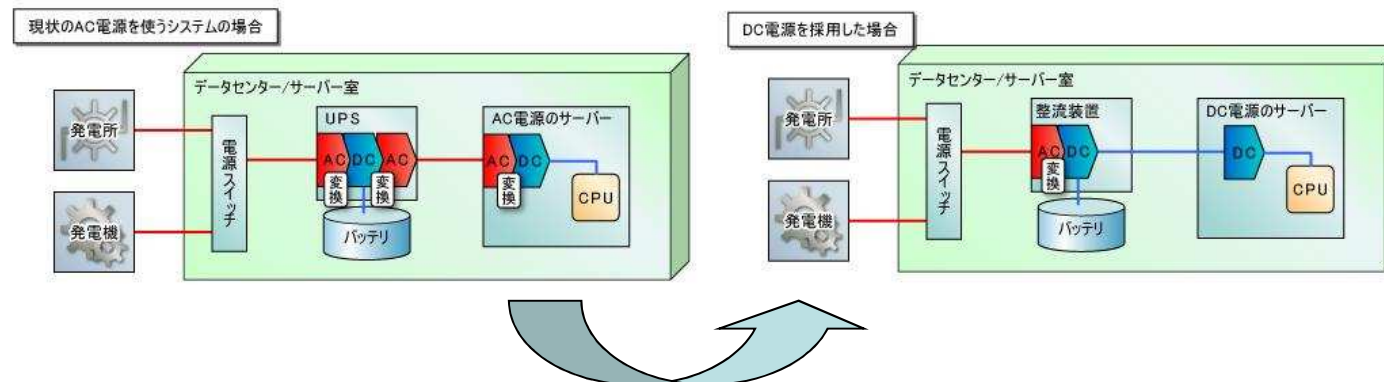
●データセンター

データセンターは、たとえ瞬間であっても機器への電源供給が止まれば直ちに情報処理サービスに支障が起きる。そこで、系統電力からの交流は一度、無停電電源装置（uninterruptible power supply, UPS）に供給され、UPS内部で交流-直流変換によって蓄電池を充電しながら、同時にその直流出力を再度交流に変換して情報機器へ電源供給する構成を取ることで、系統電力などの停電や低電圧に備えている。系統電力からの交流を1度だけ48Vの直流へと変換した後はUPSや情報機器への電源をすべて48Vの直流だけで賄うようにすることで、データセンターの消費電力を14~20%程度削減できるとされている。

● 家庭

各家庭においても太陽電池や燃料電池、都市ガスによるコージェネレーション発電システムが導入されるようになると、直流と交流間のエネルギー変換による無駄が目立つようになると考えられる。

【データセンターの直流給電化】



出典:ITPro グリーンIT 直流給電とは <http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/Keyword/20080715/310807/>

3. SG関連技術要素－電力レイヤ

■ 燃料電池

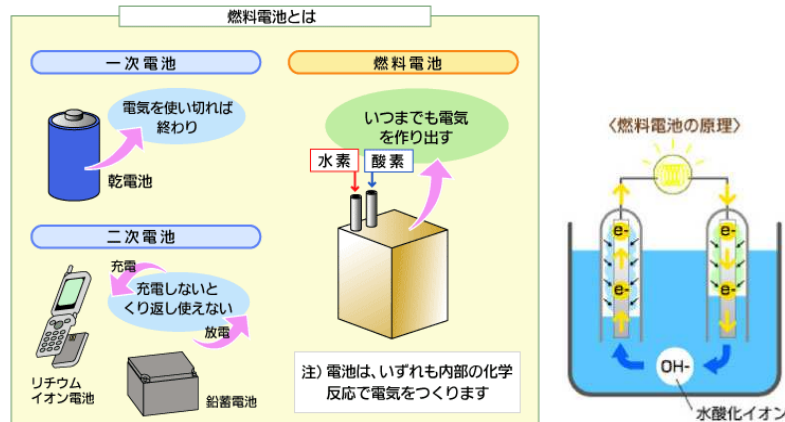
【定義】

燃料電池とは水素と酸素を利用した次世代の発電システム。

電池には、使い切りの一次電池と、充電すると何回も使える二次電池があるが、燃料電池は、電池ではなく、燃料となる水素と酸素を供給すると電気を作りつづける発電装置である。

※住宅分野においては、太陽光発電や風力発電と燃料電池などの自家発電機能を備えた「ゼロエネルギーハウス」の実現が可能となってきた。2020年以降は燃料電池の利用拡大とともに、ゼロエネルギーハウスが一般化するという予測もある

【燃料電池と電池の違い】



燃料電池の化学反応	
$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O + \text{電気}$	
燃料極	$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$
空気極	$\frac{1}{2} O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$

出典: NBSP MBS&とは
<http://www.nbskk.co.jp/engineering/solution/battery.html>



【燃料電池の種類】

	固体高分子形 (PEFC)	りん酸形 (PAFC)	溶融炭酸塩形 (MCFC)	固体電解質形 (SOFC)
原料	都市ガス, LPG 等	都市ガス, LPG 等	都市ガス, LPG, 石炭 等	都市ガス, LPG 等
作動気体	水素	水素	水素, 一酸化炭素	水素, 一酸化炭素
電解質	陽イオン交換膜	りん酸	炭酸リチウム 炭酸カリウム	安定化ジルコニア
作動温度	常温～約90℃	約200℃	約650℃	約1000℃
発電出力 発電効率 [LHV]	～50kW (35～40%)	～1000 kW (35～42%)	1～10万 kW (45～60%)	1～10万 kW (45～65%)
開発状況	実用化	実用化	研究段階	研究段階
用途と段階	家庭用、小型業務用、 自動車用、携帯用 導入普及段階	業務用、工業用 導入普及段階	工業用、分散電源用 実証段階 (1MWプラント開発)	工業用、分散電源用 試験研究段階 (数kWモジュール開発)

【家庭用燃料電池：エネファーム】



3. SG関連技術要素－電力レイヤ

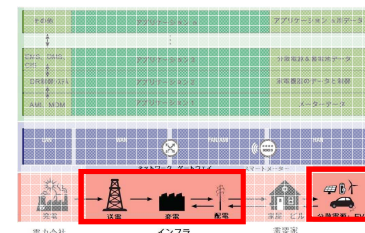
■ 電力貯蔵システム

【定義】

電気を蓄え、必要な時に利用するという意味では、揚水発電も電力貯蔵システムに入るが、近年、NAS電池やSME S、キャパシタ電池、フライホイール・バッテリーといった技術が相次ぎ実用化された。

これらが、系統連系して、送電網の安定化に貢献する大規模電力貯蔵システムであるのに対して、将来的には、住宅用太陽光発電とともにゼロエネルギーハウス実現のための小規模電力貯蔵システムとしての蓄電池の早期開発が望まれている。

※電気自動車自体、および電気自動車用としては使えなくなったバッテリーも、V2G / HEMSの枠組みで、電力貯蔵システムの一環で考えられるようになってきている。



【関連キーワード】

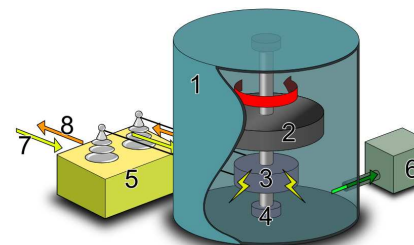
- 一次電池：ダニエル電池、ルクレンシェ電池、乾電池などのように、いったん電流を外部回路を通して取り出してしまうと充電がきかない電池
- 二次電池：いったん外部回路を通して放電した後、充電することにより再びもとの状態に復し、繰り返して使用することができる電池
- NAS電池：ナトリウム硫黄電池。ナトリウムイオンだけを通す特殊なセラミックスを用い、電気を蓄えることを可能にした電力貯蔵システム。充電式で繰り返し使うことができ、自動車のバッテリーなどで使用される鉛蓄電池と比べ、約3倍の電力を貯蔵することが可能。放充電に伴う劣化が少ないため、耐用年数は15年に上る
- キャパシタ電池：キャパシタ（コンデンサー）の仕組みを利用して化学反応を伴わずに充放電できるサイクル寿命に優れた電力貯蔵デバイス。太陽光発電は気象条件による出力変動が大きいため、その変動を吸収できる最適な電力貯蔵デバイスとして期待されている
- フライホイール・バッテリー：電気が持つエネルギーを一時的に回転運動の物理的エネルギーに変換することで保存しておき、後ほど電気が必要な時に回転運動から発電によって電気を得るもの

【風力発電施設に隣接したNas蓄電池サイト例】



出典：ESA (Electricity Storage Association)
http://www.electricitystorage.org/site/technologies/nas_batteries/

【フライホイール・バッテリーの構造】



1.容器 2.フライホイール(ローター) 3.発電機／モーター 4.軸受け 5.インバーター 6.真空ポンプ
7.充電 8.放電

出典：Response フライホイールバッテリー

http://pedia.response.jp/svc_wiki/wikipedia/Category:電力流通

4. SG関連技術要素－電力、通信レイヤ

■ HEMS : Home Energy Management System : ホームエネルギーマネジメントシステム

【定義】

HEMSとは、IT（情報技術）を活用して家庭のエネルギー消費機器（家電製品や照明、給湯器、冷暖房システムなど）を最適な運転状態に制御し、居住者の快適性や利便性を損なうことなく省エネルギーを図ろうというものである。

【関連キーワード】

1. 設備等の省エネルギー

- ・電球形蛍光灯
- ・省エネ型家電製品（エアコン、冷蔵庫、テレビ、洗濯機、電気便座ほか）
- ・給湯関連機器（「エコキュート」、「エコジョーズ」、「エコウィル」、燃料電池）
- ・ハイブリッド車等の低燃費自動車

2. 住宅の省エネルギー

- ・二重窓、ペアガラス（結露防止、快適性向上、防犯対策にも効果）
- ・断熱

3. 自然エネルギー利用

- ・太陽光発電、ソーラーシステム（太陽熱利用）
- ・グリーン電力証書の購入

4. エネルギーの見える化、自動制御

- ・省エネナビ
- ・ホームエネルギーマネジメントシステム

【例：Panasonicのエコアイデアハウス】

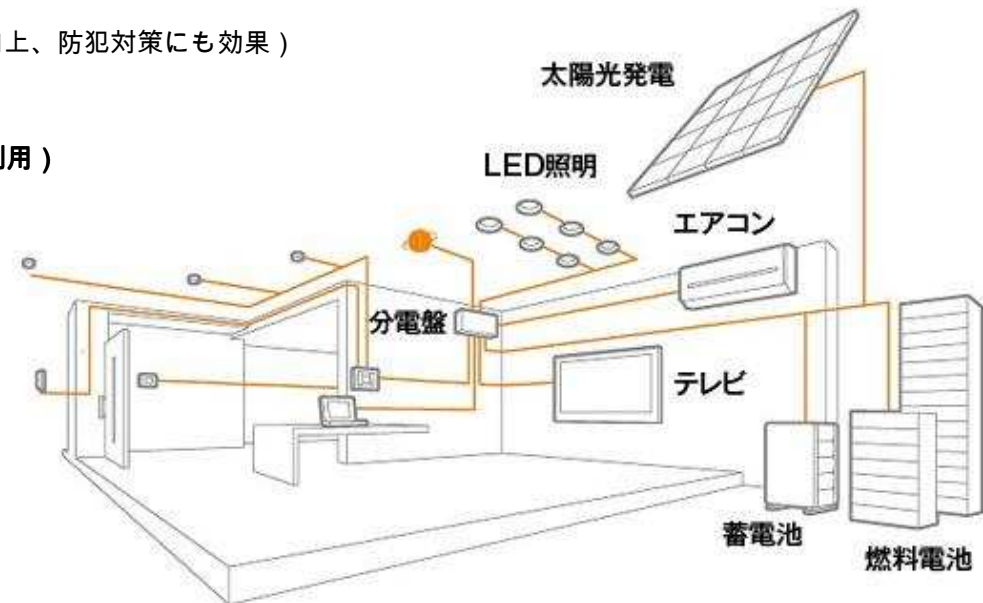
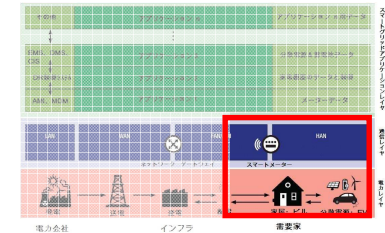
自宅内のすべての設備機器や家電製品をネットワークで結び、集中コントロールする。

現在は大きく夏・冬・春秋用の3パターンによる制御だが、将来的には家族の時間・行動パターンを蓄積・学習することで、より綿密に省電力化できるソフトにする

※現在は、家庭内のネットワーク化、個別最適に留まっているが

今後は、スマートグリッドの制御下で、全体最適に貢献するものと予想される

出典：日経BP ECOJAPAN <http://premium.nikkeibp.co.jp/high-ecology/report/02/05.shtml>



4. SG関連技術要素－電力、通信レイヤ

■ BEMS : Building and Energy Management System : ビル管理システム

【定義】

ビルの機器・設備等の運転管理によってエネルギー消費量の削減を図るためのシステムの事である。BEMSは、建物の運用面での配慮を目指すものである。室内環境を人感センサーや自動調光などで自動管理する場合や、機器設備・配管等の温度・流量・圧力などのデータを収集して、運転管理者に対して評価を表示させるなど様々なシステムが存在する。

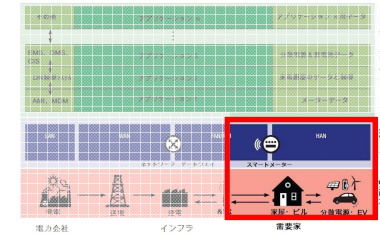
【関連キーワード】

BA : Building Automation : ビル管理システム

ビル管理システムはビルオートメーション(Building Automation、BA) と呼ばれることが多い。これは先行した産業界のFA (Factory Automation) の対語であるからハードウェアのイメージを持った用語であり、主としてメーカー側からの呼び名である

BEEMS : Building Environment and Energy Management System : ビル・環境・エネルギー管理システム

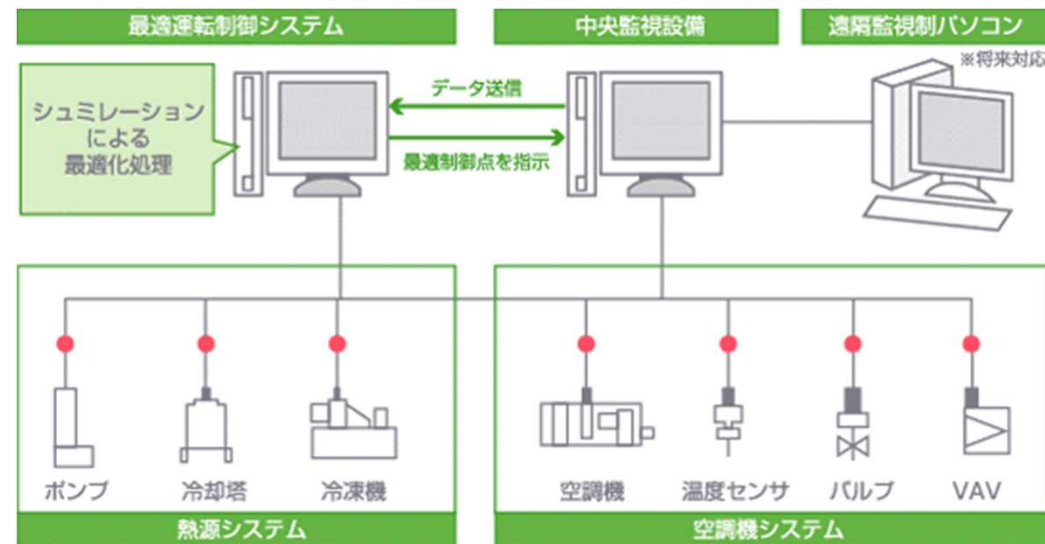
目的名称で、環境・エネルギー、さらにはその情報に基づく建築経営管理・FMの要素を含めて考えてキーワードを羅列したのが、建築・環境・エネルギー管理システムで、BEMSと同義語と考えてよい。



【例：東京建物横浜ビル】

BEMSに最適運転制御システムを導入することにより熱源機システム及び空調機システムの運転状況の分析が行なわれ、最も効率の高い運転状態を自動設定

※現在は、建物内のネットワーク化、個別最適に留まっているが、今後は、スマートグリッドの制御下で、全体最適に貢献するものと予想される



出典: 東京建物 BEMS http://www.tatemono.com/kankyo/kankyo_gijyutsu/shouenegijyutsu/bems.html

5. SG関連技術要素ー通信レイヤ

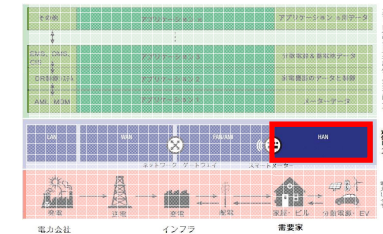
■ ホームエリアネットワーク : HAN

【定義】

家電と配電システムをネットワーク接続し電力消費の見える化とリアルタイム制御を行う宅内ネットワーク。従来は、一般家庭ごとのクローズされたネットワークとなっていたことが多かったが、双方向通信可能なスマートメーターで電力会社のネットワークと連動し、デマンドレスポンスのような、地域ごとの省エネ / 負荷平準化の仕組みと連動する動きが出てきている。

通信手段としては、電力線通信 (PLC)、および無線 (特にZigBee) がある。

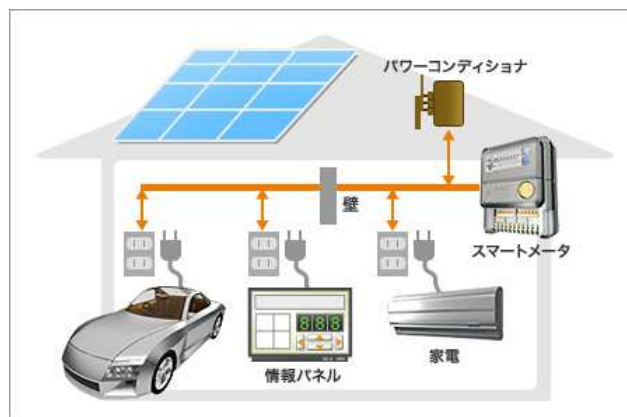
今後、電気機器ばかりでなく、ガス・水道メータや、住宅用太陽光発電の制御や電気自動車の充電制御 などとも連動するインフラになると思われる。



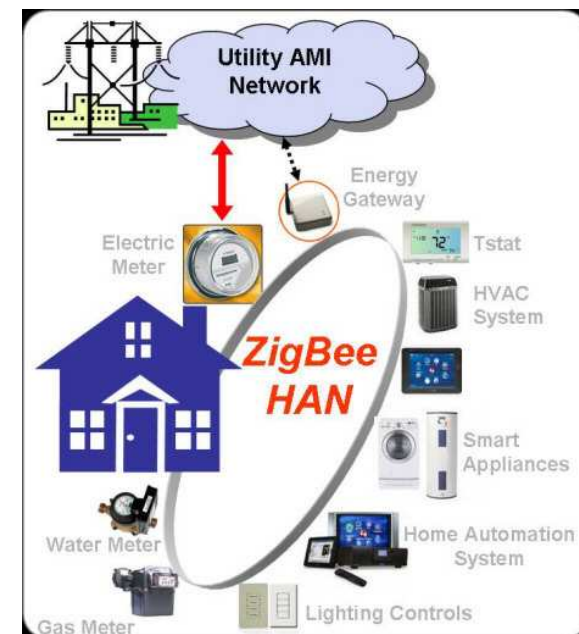
【関連キーワード】

- PLC : 電力線を通信回線として利用する技術。ほとんどの建物には電気配線が張り巡らされているため、PLCを使うことにより新たにケーブルなどを敷設することなく手軽に構内通信網を構築できる。
- ZigBee : 家電向けの短距離無線通信規格の一つ。低速で転送距離が短い代わりに、安価で消費電力が少ないという特徴を持つ。基礎部分の (電氣的な) 仕様はIEEE 802.15.4として規格化されている。

【電力線通信 (PLC) による有線HANの例】



【ZigBeeによる無線HANの例】



出典: NEC <http://www.necel.com/micro/ja/solution/smarthome/han.html>
Embedded.com <http://www.embedded-systems.com/design/212200752>

5. SG関連技術要素ー通信レイヤ

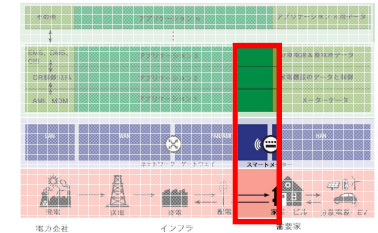
■ スマートメーターと自動検針

【定義】

双方向通信機能を持ち、メーターの遠隔検針・遠隔設定ができるだけでなく、ほかの機器の管理機能を持つ高機能型の電力メーターで、スマートグリッドの要とされる機器。

2009年のスマートメータの国内市場は32億円が見込まれ、2014年には8倍の255億円と予測される。

遠隔地にある電力計の値を収集する**AMR** (Automated Meter Reading : 自動検針) の技術は、双方向通信を利用したリモートからのメーター設定 : **AMM** (Advanced Meter Management) 、メーターを介した、家電機器の制御が可能なインフラ : **AMI** (Advanced Meter Infrastructure) まで進化してきた。更に、配電自動化のインフラのためのセンサー / 制御ネットワークインフラまで包含した**FAN** (Field Area Network) が実現しつつある。



【関連キーワード】

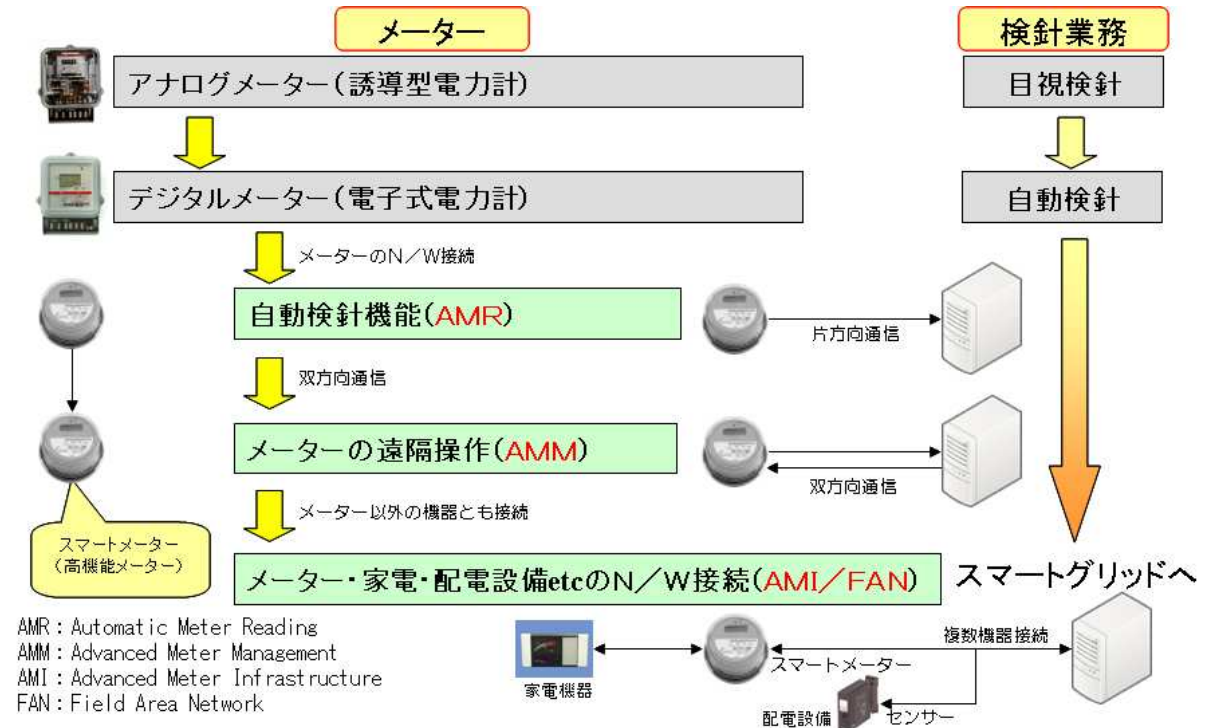
● 需要予測

電力会社は、これまでも気象情報と、電力会社自身が持つ需要情報を突き合わせて需要予測を行ってきたがスマートメーターにより電力需要に関する情報もリアルタイム化されていけば、ますます需要予測の精度が高まる

● 配電設備保守

現状ではすべての配電設備にセンサーは設置されていないが、スマートメーターの計測値を合算することで、個々の柱上トランスにどのくらい過負荷がかかっているかが把握でき、信頼性を確保しながら保守コスト低減が期待できる

⇒CBM : Condition Based
Maintenance



出典: 日本ユニシス「スマートメーティングがエネルギー業界に与える影響と、それを支える技術動向」

5. SG関連技術要素ー通信レイヤ

■ AMI : Advanced Metering Infrastructure : 高度メータインフラストラクチャ

【定義】

双方向通信可能なスマートメーターとデータ集約器とサーバ、サーモスタットを含む家電制御機器、データ管理・表示機器、それらの機器間の通信などからなるホーム・ネットワーク (HAN : Home Area Network) を含むインフラであり、複数の技術・製品・サービスが統合されたシステムである。

※AMI は電力事業者との双方向データ交換を通じて消費者による需要対応 (DR) を可能とするものであり、したがって、スマート・グリッド全体の構築にあたって、第1 ステップに位置付けられている。

■ FAN : Field Area Network

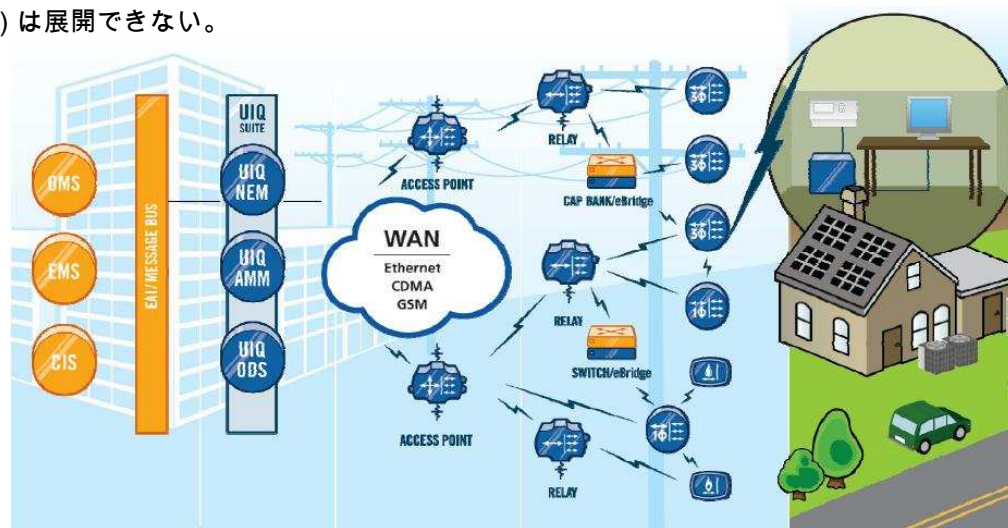
【定義】

FANは大きく、スマート・メーターによるAMIと、配電設備のセンサー・ネットワークを駆使するGO (Grid Optimization : 送電網最適化) から構成されている。

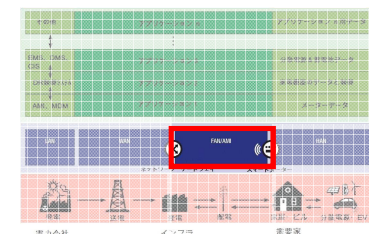
※従来は、営業系の自動検針ソリューションと、配電系の配電自動化システムは、別個のシステムだったが、スマートグリッドの枠組みの中で、融合されようとしている。

FANの整備が進まなければ、ネットワーク上で活躍するDR (Demand Response : オンデマンド型需要調整) やDG (Distributed Generation : 分散発電)、HG (Home Grid : ホーム・グリッド)、ES (Electric Storage : 蓄電システム) などの高度なサービス (Advanced Utility Control Systems) は展開できない。

【例 : Silver Spring Networks】



出典 : Silver Spring Network <http://www.silverspringnet.com/products/index.html>



6. SG関連技術要素－APレイヤ

■ MDM : Meter Data Management : メーターデータ管理

【定義】

MDM機能を提供するベンダーによって定義が異なるが、

- ①複数のデータ収集システムおよび顧客セグメントの膨大な検針ベースのデータを単一のデータリポジトリで管理するためのソリューションという位置づけ
- ②収集した個々の顧客に関する利用状況などを分析するデータウェアハウスの位置づけ

- ③MDMの中にビジネス・ロジックを構築することによって、運用効率向上（省エネサービスや、中南米での盗電の検知と防止、電気代の延滞や不払いが深刻な問題となっているヨーロッパの一部では、電力消費を直接制御する機能を組み込んで、最大消費電力のしきい値を遠隔設定する等）を図るための中央統合ハブの位置づけのものまで多様。

※いずれにしろ、MDMはSWソリューションである

【関連キーワード】

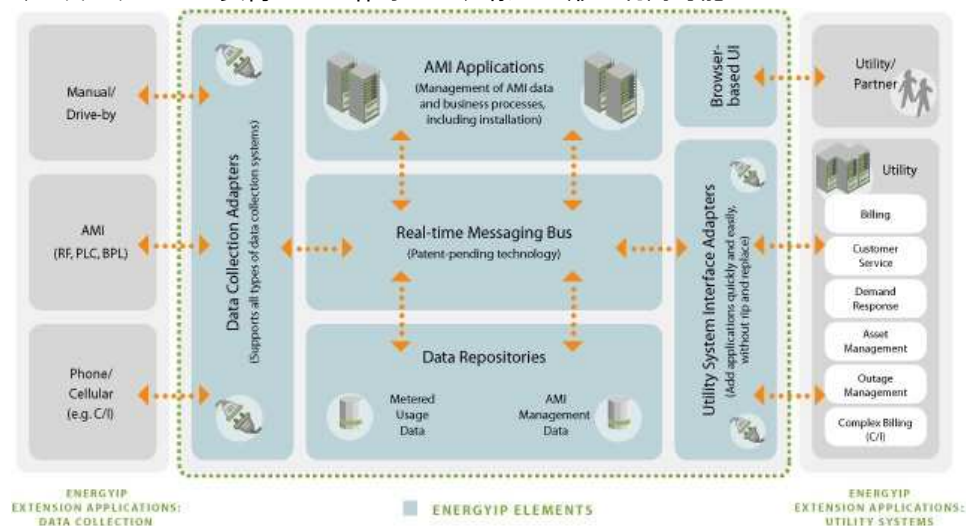
DB : データベース

旧来の検針と比較すると、格段に大量の検針値を保存するので、大規模・高速アクセス可能なデータベースが基本となる

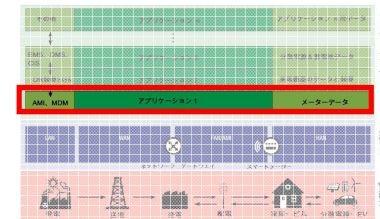
DWH : データウェアハウス

保有される検針値は、文字通り時系列に蓄積された大量の業務データであり、従来のように単に電気料金計算に使われるだけでなく、正確な需要予測や、2次トランスの負荷ベース保守など、様々な形で利用可能

【例：eMeterのMDM】



出典: eMeter Products <http://www.emeter.com/products/energyip/>



6. SG関連技術要素－Aプレイヤ

■ Demand Response : 需要反応

【定義】

電力需給バランスをとるにあたって、電力供給側を制御するのではなく、需要側を制御するという意味では、**DSM** (デマンドサイドマネジメント) の1種。需要の価格弾力性を活用することで需要を抑制するものであり、従来 DSMとは、主に卸電力市場の存在を前提 (電力価格が市場原理で上下すること) にしている点で異なっている。そのため、卸電力市場における価格スパイクの抑制や供給信頼度の向上などの効果が期待されている。

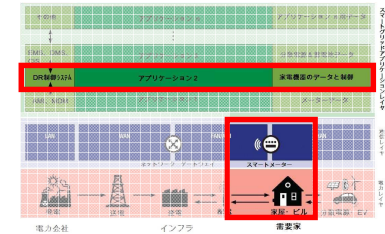
【関連キーワード】

DSM : Demand Side Management : デマンドサイドマネジメント

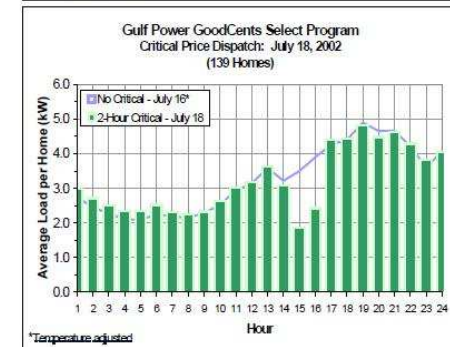
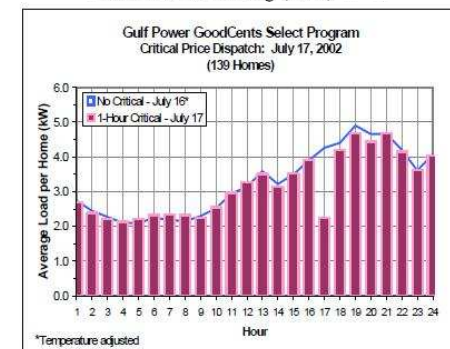
電力事業者などが、家庭にある機器ごとの電力消費状態を調べ、その家庭に知らせることで、消費者自身が電力消費量などを管理できるようにすること。

DSMの種類と方策には以下の4つがある。

- 1) ピークを抑える：まずガス冷房の導入。ガス需要は電気と逆に夏場に低いので、ガスを上手に使えば、電力を補完する役割を果たす。ヒートポンプ方式と吸収方式があり、吸収方式はエンジンオイルもいらず、メンテナンスも少なくすむ利点があるが、電気式のような小型化は今のところ無理で、ある程度規模の大きな所には普及が進んでいるが、家庭用となると限られる。
- 2) ピークを移す：ピーク負荷削減で効果をあげているのが需給調整契約。需要家と契約し、ピーク時の負荷を制限し、それに対応して料金を安くするというやり方。これは主として産業用が対象だが、ピーク時の電気料金を高く設定し、これを一般家庭へ適当な通信手段により知らせ、ピーク時に使わないですむものは使わないで負荷の削減を図る方法もある。(これが、Demand Response)
- 3) 夜のボトムをアップする：冷房ピークのシフトで有効な方策の一つは深夜電力による氷蓄熱。夜間は電気料金が安く、昼間に比べ、外気温が下がるので冷凍装置の効率もよい。ビルなどへの普及が期待される。しかし、これを一般家庭に導入するにはスペース的、コスト的問題を解決する必要がある。
※一方、電気温水器もボトムアップに役立っている。今の段階で一般家庭で電気をためてボトムアップする手段としてはこれしかない。将来的にはボトムアップとして電気自動車も期待されている。
- 4) 省エネ：古い冷蔵庫やテレビを最新の省エネ型に買い換えるのも、広い意味でDSMにはいる。



Critical Peak Pricing (CPP)



出典:

http://www.energy.ca.gov/papers/2003-04-04_ROSENFELD_CO.PPT 18

6. SG関連技術要素－APレイヤ

■ マイクログリッド

【定義】

原子力・火力・水力などの大規模な送電網に頼るのではなく、小型分散型エネルギー（太陽光、風力、バイオマスなど）を結び、地域内で効率的に運用して電力の需給バランスを調整する地域電力ネットワーク。

従来はスマートメーター（での個々の需要家の電力需要の詳細な計測と制御）を前提としなかったのに、小規模な電力網に過ぎなかった。

最近では、下図のように、地域の特性に応じた複数の新エネルギー・分散型電源からの電力負荷を独自の制御システムにより、需給マネジメントすることになり、電力の需要家を供給ネットワークの中にとり込んだシステムで、主系統の電力ネットワークとの連携においても最適マネジメントクラスターと考えられるようになってきている。マイクログリッドシステムの優位性は以下のとおり。

- ① 需要増に応じたタイムリーな建設が可能となる。
- ② 送配電システムで生じるロスを軽減できる。
- ③ 熱電融通による統合エネルギー効率を向上させ、ネットワーク内で、自然エネルギーの変動を制御し、系統との協調を維持できる。
- ④ 自立性の高いエネルギーシステムを構築できる。

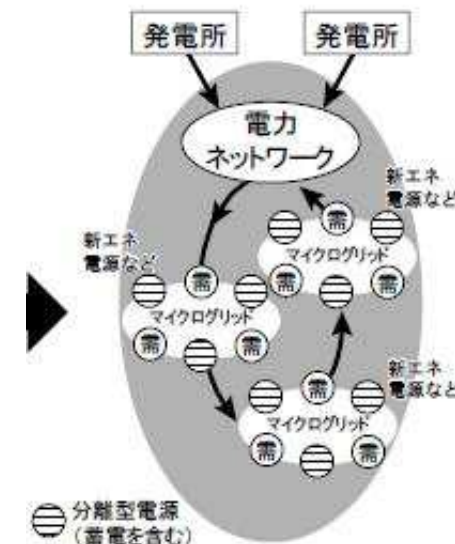
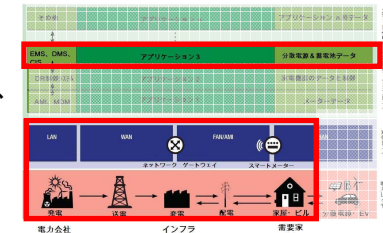
【関連キーワード】

● VPP : Virtual Power Plant

大規模集中型の発電所を整備する代わりに、複数の分散型電源を分散設置し統合制御することで、電力供給力を確保する方式のことである。VPPは、電力の供給力確保に要するコストの最小化を目的としている。自由化により、電力会社間の競争が激化している米国では、発電設備などへの投資コストを極力抑制しなくてはならない。発電所から需要地までの、送電線容量の増大工事などを必要とする大規模発電所の整備よりも、需要地近傍に分散型電源を設置して送電線整備コストをかけない方が、安価に供給信頼性の高い電力システムが築ける

● Virtual Utility

インターネットによる分散電源の統合運用



出典: マイクログリッドエネルギーシステム
<http://www.alianet.org/homedock/15kinen/4-1.html>

6. SG関連技術要素－Aプレイヤ

■ 電気自動車充電インフラ

【定義】

電気自動車（EV）を充電する設備を指し、電力網の末端である家庭用電源を利用する家庭用充電設備と、市街地や路面下等に設けられ不特定多数の利用を前提とする公共用充電設備がある。

広義のEV充電インフラとしては、充電設備そのものだけでなく、**ビルング**、**ローミング**、**スマートチャージ**（**スマート充電**）機能などを提供するソリューションをさす。

【関連キーワード】

- **ビルング**：EV充電時、センターのコンピュータと通信して充電対象のEVを認証、充電料金の課金を行う
- **ローミング**：携帯電話を海外で使用する際と同様、複数電力会社の管轄内でEV充電を行っても他の電気料金とまとめて一括請求するようなワンストップサービス
- **スマートチャージ**：物理的にEV充電プラグを差し込んでも、充電時間帯をずらしたり、充電スピードを制御したりして、系統への影響を最小にする、スマートなEV充電ソリューション
- **ESLA：EV充電サービスレベル**
上記のスマートチャージを実現するに当たって、EV充電時における系統の安定性を常時最優先するのではなく、いつでもどこでも即EV充電したいEVオーナー向けのサービス料金は高く、系統の安定性に協力できるEVオーナー向けのサービス料は安くするなどの料金メニューの設定を行うことによって、EVオーナーに提供するEV充電サービスの品質を保証する仕組み

【Coulombのスマートチャージ】

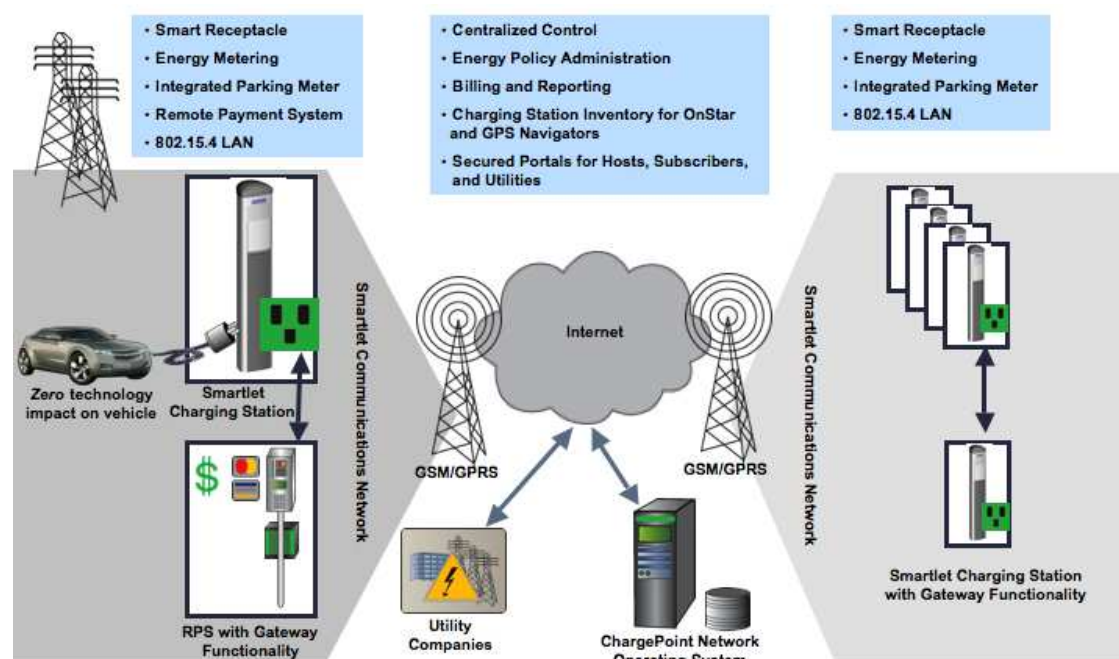
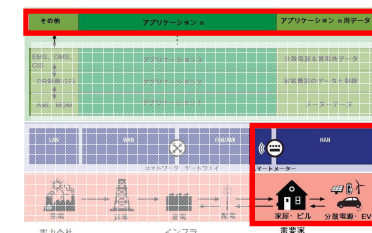


Figure 1: Coulomb ChargePoint Network

出典：PureGreenCarsニュース記事 http://puregreencars.com/Green-Cars-News/Technology/coulomb_technologies_develops_chargepoint_network_for_phevs.html?VivvoSessionId=7f1dee8b48cf9580adb2f



6. SG関連技術要素－Aプレイヤ

■ V2H : Vehicle to Home

【定義】

電気自動車に搭載された蓄電池のエネルギーを宅内で利用すること。

※従来のHEMSでは、住宅用蓄電池までは考慮されていなかったが、本来の住宅用蓄電池が商用化される前に、電気自動車が普及した場合、電気自動車の蓄電池を利用することで、省エネと電気代の管理に関する自由度を増やすことができる

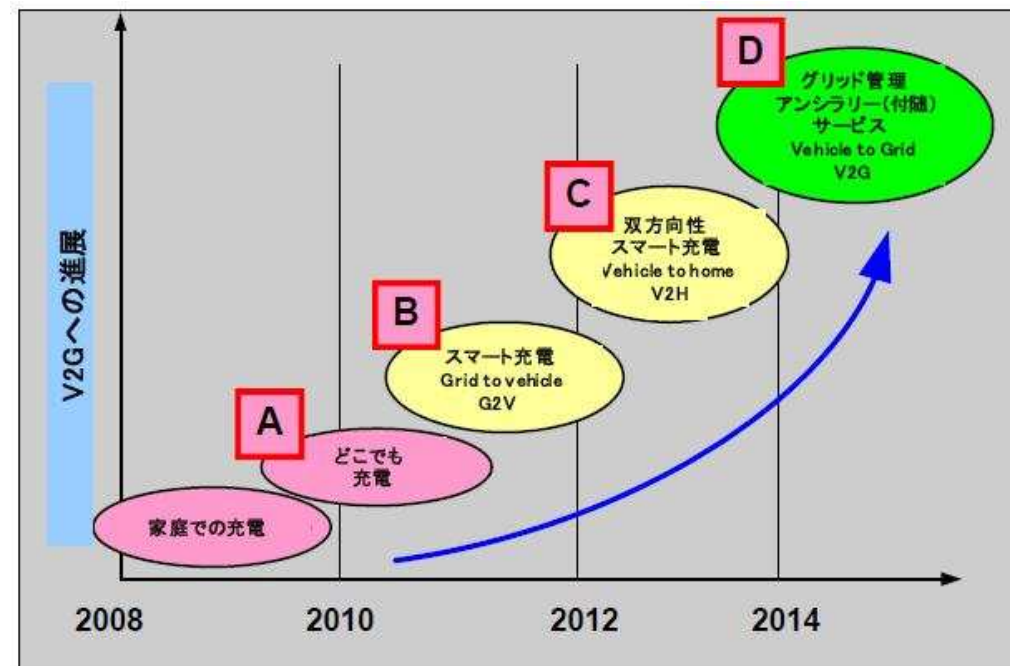
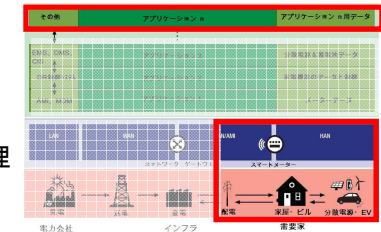
■ V2G : Vehicle to Grid

【定義】

電気自動車を電力系統に連系し、車と系統との間で電力融通を行うこと。電力需要が低くなる夜間風力発電量が急増した場合に、発電された超過電力量を吸収したり、系統電力が逼迫している場合に、予備の発電所を運転する代わりに電気自動車の蓄電池から放電することで電力を補給するアンシラリー・サービスを提供する設備としての位置づけ

電気自動車を移動手段として使わない時に、車に搭載された大容量の蓄電池を電力貯蔵設備として利用する点が共通している。

右図で現状Aの位置にあるEV充電インフラは、B：スマートチャージを経て、C：V2HでHEMS / BEMSと結びつき、D：V2Gでスマートグリッドと一体化する



V2G コンセプトへの進展プロセス

出典：NEDO海外レポート No.1051 <http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/1051/1051.pdf>

6. SG関連技術要素－Aプレイヤ

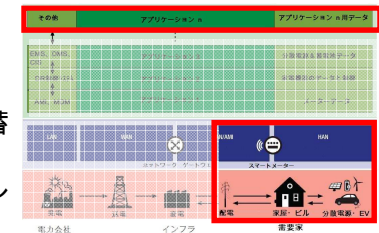
■ H2H : Home to Home

【定義】

住宅同士での電力融通。

住宅用蓄電池が商用化され、各家庭でエネルギーの自給自足（ゼロエネルギーハウス）以上の電力が蓄積できるようになると、住宅コミュニティ内での双方向のエネルギー融通が可能になると思われる。

※家庭用燃料電池が低価格化すれば、太陽光発電＋燃料電池＋電気自動車で、これより先にゼロエネルギーハウスが実現される可能性がある



■ B2B : Building to Building

【定義】

都市エリアでの近隣ビル同士の電力融通。

※太陽光発電のグリッドパリティ（発電コストが系統電力相当に安くなる）が実現できたとしても、大規模ビルでは設置できる太陽光パネルで、そのビル全体の電力量をまかなうのは不可能。したがって、ゼロエネルギービルの実現は難しく、将来的にも系統電力からの電力供給は不可欠だと思われる

【関連キーワード】

- 電力小売自由化：H2H、B2Bでの電力融通を行うに当たっては、制度上、電力の小売自由化が不可欠
- 小売電力取引所：電力融通に当たって、融通価格が固定でない場合は、現在の卸電力取引所に相当する、小売電力取引所が必要となる
- 自動取引：その際、現在の株式 / FX取引のように、小売電力価格動向をいちいち見ていなくても、指値売買による自動取引が行われるものと思われる



出典：日経BP ECO JAPAN http://eco.nikkeibp.co.jp/high-ecology/column_kashiwagi/01/02.shtml

7. SG関連技術要素－通信・APレイヤ

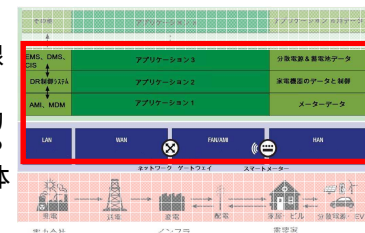
■セキュリティ

現在の電力インフラは、大規模な発電所から地域に向けて送電する方法が一般的で、基本的には専用線を使い専用プロトコルで制御されている。

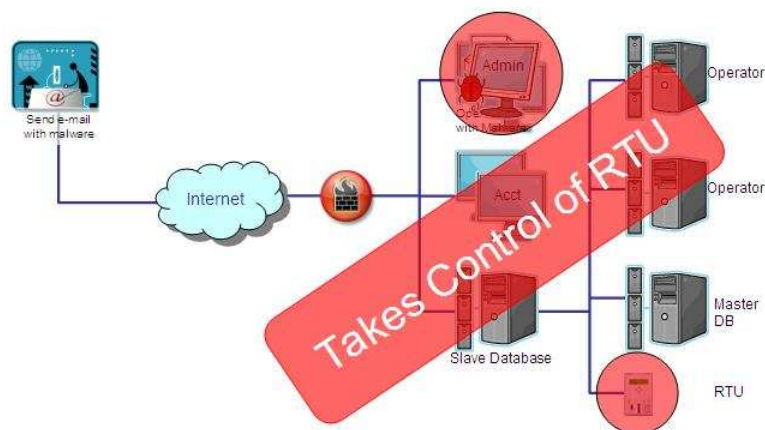
スマートグリッドでは、各家庭に設置された太陽光発電システムや地域の風力発電システム、電気自動車に蓄電された電力などを地域の需要に応じて融通し合うシステムを目指しているため、双方向通信や分散コンピューティング技術を使っており、TCP/IPなどのオープンプロトコルをベースとした地域全体の大規模分散型インフラを構築することになる。

これらのインフラに使用されている技術の中に、プロトコルの不正操作やバッファオーバーフロー、ルートキット、コード感染などの一般的なセキュリティ上の脆弱性を抱えているものがある。

こうした脆弱性を突かれた場合、電力会社がリモートから電力メーターを管理するためのインフラ（AMI：Advanced Metering Infrastructure）が乗っ取られる可能性がある。AMIの制御が悪意のある第三者の手に渡ると、電力会社は詐欺や脅迫、訴訟、広範な電力システムの停止といった脅威にさらされることになる。

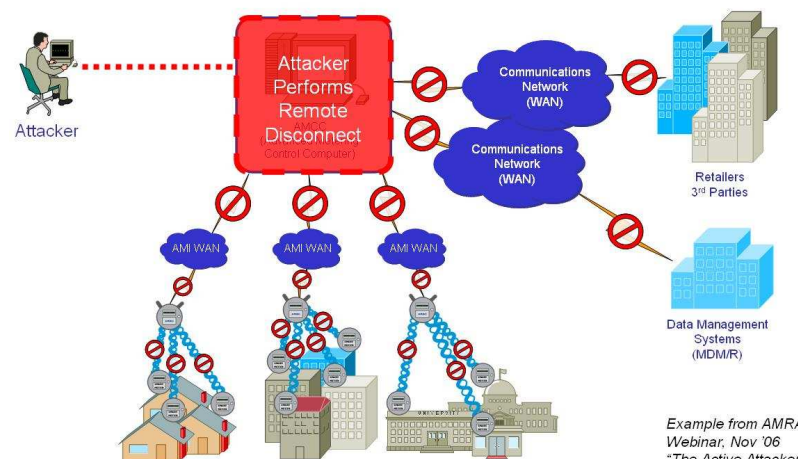


【例 1：AMIシステムの乗っ取り】



詳細表示

【例 2：ハッカーによる電力供給停止の遠隔操作】

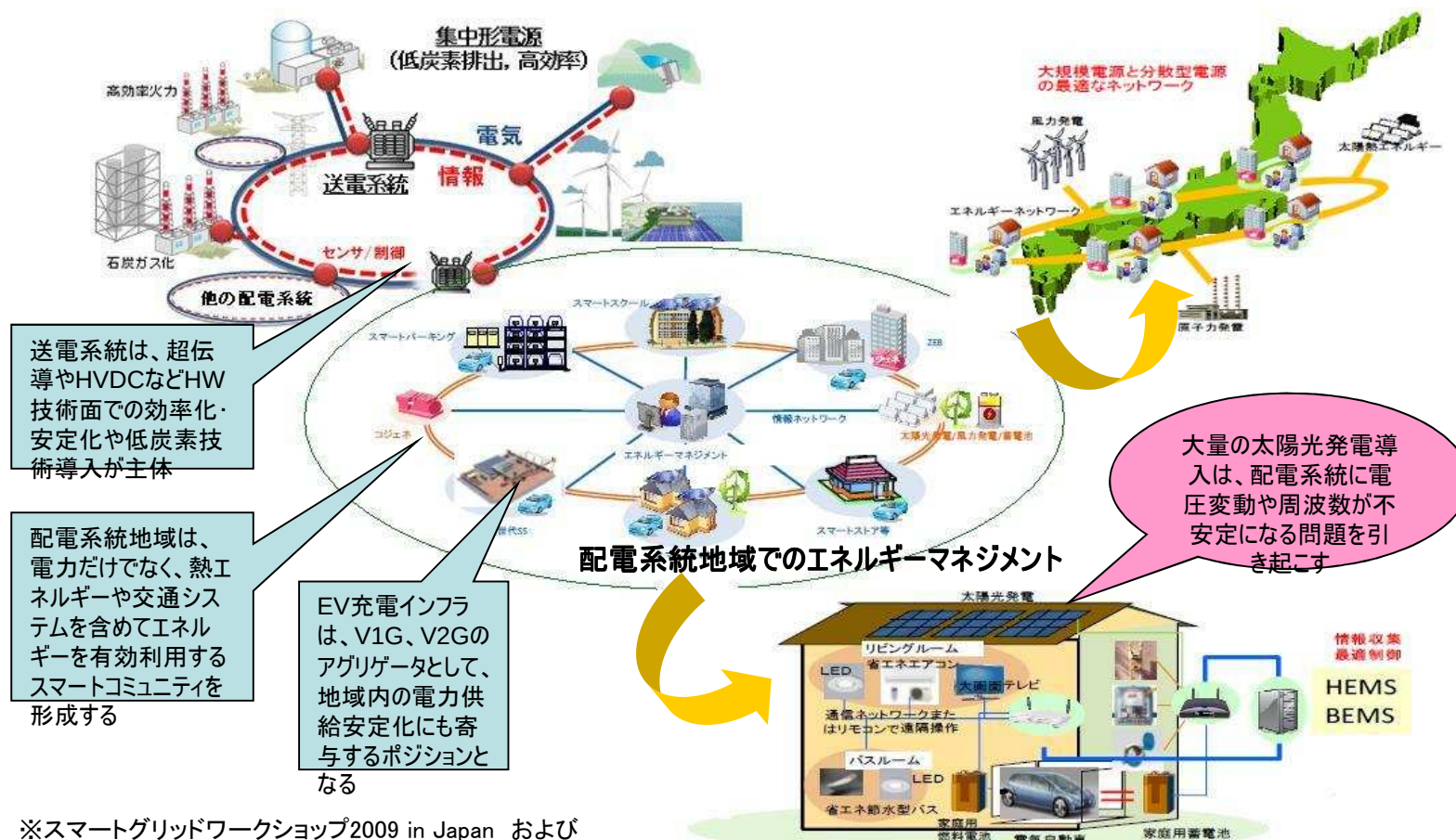


詳細表示

出典：Ontario Smart Grid Forum Cyber Security and The Smart Grid http://www.theimo.com/imoweb/pubs/smart_grid/N-Dimension.ppt

8. SG関連技術要素－まとめ

- 個々のスマートグリッド関連技術は、電力レイヤ、通信レイヤ、アプリケーションレイヤのいずれか、あるいは2つ以上のレイヤにまたがっている
- 狭義のスマートグリッド：上記のレイヤで取り扱うエネルギー、通信、アプリケーションを実行するITの融合体
- 広義のスマートグリッド：需要側では、スマートハウス、電気自動車の充電インフラ、供給側では、電気だけでなくガスや熱を含むエネルギー供給、更に交通システムを含めたスマートコミュニティが含まれる



※スマートグリッドワークショップ2009 in Japan および
2010年1月19日 経済産業省次世代エネルギー・社会システム協議会中間とりまとめ
を元に作成