

スマート&コンパクトコミュニティの核となる

エネルギーマネジメントシステム

Energy Management System Essential for

Smart & Compact Community

柿崎信郎*1

Nobuo Kakizaki*1

*1 技術開発本部技術戦略部

*1 Technology Strategy Department, Research & Development Division

要旨

海外のスマートグリッド開発動向および循環社会の成功例に関して調査した。低炭素社会を目指すためには太陽光エネルギー導入するだけでは成立せず、循環社会を形成する必要がある。そのためには、エネルギーを廻す、水を廻す、バイオマスを廻す、すなわち、資源のリサイクルが求められる。これを実現するにはサステナブルなソリューションとして都市全体をプロデュースするプログラムマネジメント力が求められている。さらに当社が掲げる「スマート&コンパクトコミュニティ」コンセプトを紹介し、その核となるビルディングエネルギーマネジメントからコミュニティエネルギーマネジメントへのシステム構成概要、原理に関し解説し、そのビジネスの可能性に関して言及した。

Abstract:

The overseas smartgrid development trend and the reuse-recycle-reducing society were investigated and proved to be a successful future vision. It is not only necessary to introduce solar energy to focus on the low carbon society, it is also essential to develop the reuse-recycle-reducing society. Thus, energy, water and biomass will be recycled for that purpose. In order to achieve this, the program management approach that offers a sustainable solution for the needs of the entire city is desired. Additionally, it introduces the "Smart & Compact community" concept which JGC is proposing. The synopsis of the description concerning the community energy management system which becomes the core and points regarding the business potential of the system were mentioned.

1. はじめに

最近の世の中はスマートメーター、スマートフォン、スマートメディア、スマートグリッド、スマート家電、スマートプラネットと「スマート」がブームとなっている。日本語の「スマート」とは物の形がすらりとして格好の良いさまを「スマート」と言っている。一方、最近のブームの「スマート」は行動がきびきびして洗練され、賢明な技術の形容詞を表している。本稿では日本版スマートグリッドとも言える「スマートコミュニティ」に関し、日揮

グループとして取り組み中である「スマート&コンパクトコミュニティの核となるエネルギーマネジメント」の開発に関する環境、周辺技術に触れ、またそのエネルギーマネジメント技術に関して解説するものである。

2. スマートグリッド/スマートコミュニティとは

2. 1 米国におけるスマートグリッド

米国でスマートグリッドが一般に広まったのは 2008 年の米国大統領選挙でオバマ候補がスマートグリッドを政策の優先項目に取り入れたこと、就任後の 2009 年の景気対策法に組み込んだことでスマートグリッドは新たなキーワードとなったからである。このように 10 年前の基礎技術のテコ入れ政策で生まれた「ナノテク」と同様にスマートグリッドそのものは技術的な用語ではなく政策用語として捉えられている。オバマ政権は 110 億ドルをスマートグリッド関連に投じると発表した。これを受けスマートグリッドは、リーマンショック後の景気低迷のために滞っている大型投資事業、既存資産の活用などをクリーンテックで実現する「グリーンニューディール」とも言われ、景気テコ入れ策としてのポジションでもある。

米国では電力供給に関して効率化、市場重視の政策である「電力自由化」を 1990 年代から取り組んできたが、その見返りとして 2000 年のカリフォルニア電力危機、2003 年の北米大停電といった状況を招き、年間の電力停電が 80 分間という質の悪い電力事情の国となってしまった。その後、2007 年にエネルギー自給、安全保障法が成立し、スマートグリッドが誕生する土壌の中でオバマ政権が生まれた。

スマートグリッドに共通したコンセプトは、最新の双方向 ICT 技術を活用し従来の発電家から需要家までの一方通行であったエネルギー供給を賢く、知能を持ち、双方向で制御していくということである。このコンセプトからエネルギーのインターネット利用と表現する見識者もいる。また日本では実現している配電ならびに変電の自動化により電力品質の向上を目指す系統制御技術、さらには、将来の送電技術として超伝導技術も米国ではスマートグリッドとして捉えられている。

米国のスマートグリッドの要素技術の中で従来の省エネ技術と抜本的に異なる技術が DR (デマンドレスポンス) である。従来からある技術 DSM (デマンドサイドマネジメント) でも供給側ではなく需要家でエネルギー制御を行う点では同様である。しかし DSM は静的なシステムである。すなわち定められたプログラムのもと (例えば夜間電力料金体系など) で需要を制御していくシステムである。一方、新たな技術である DR は、双方向 ICT 技術で通信を行い、動的なデータをリアルタイムで分析判断し、電力供給側に需要側 (Demand) が応えて (Response) 消費を賢く制御する仕組みを言う。米国では電力料金をリアルタイムに変化させることにより、DR 直接制御するコントローラー (サーモスタットと呼ばれる) に基準単価と総量設定をセットすれば、需要側の負荷が自動的に切れる仕組みが構築されつつある。DR 間接制御では需要家が自分の都合に合わせたプログラムを組み需要を制御する仕組みでグーグルなどが HEMS の一部として開発、実証中である。このように DR の実現により今まで考えられていた限界以上の省エネ、ピークカット、ボトムアップをライフスタイルを犠牲にすることなく実現させようとしている。後述する上大岡フィールドテストにおける「人とエネルギーの調和システム」も新規な DR 間接制御と言える。

2. 2 欧州におけるスマートグリッド

最初にスマートグリッドという言葉が登場したのは欧州である。2005年にEU委員会が技術開発の枠組みとして使われた。1990年代後半から地球環境問題への対応を目的に欧州では風力発電の導入が進むと同時に、風力発電の発電量の予測が難しく欧州内のグリッドが不安定になった。2006年11月には欧州で大停電が発生する事故が起こった。欧州では多くのグリッドプレーヤーが介在しそのバランスを取るために、エネルギー貯蔵装置、需要家の家電などと双方向通信システムを使って一体的に制御しようとするスマートグリッドの必要性を求められ開発実証が行われている。

2. 3 日本におけるスマートコミュニティ

日本では2009年の民主党の政権発足の目玉である事業仕分けにおいて「スマートグリッド不要論」が議論され、スマートコミュニティと経済産業省が名付けている。事業仕分けでは世界一の高品質の電力網があるため、スマートグリッド関連事業の縮小、廃止が言及されたことによりグリッドを外した名前となった。

NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)は太陽光発電ロードマップ(PV2030+)を作成し、2030年時には100GWと系統電力の50%に達する目標を掲げている。一方、日本の電力送配電の状況では、現在のように不安定な太陽光発電の電力との系統連系を行って吸収できるのは10GW程度、全体の5%であると言われている。したがって日本でのスマートグリッドは低炭素社会を目指すために不安定な再生可能エネルギーを最大限に導入し活用していく(電力変動のしわ取り、貯蔵量の最適化)ことが第一の命題となる。そのためにはICT技術を最大限活用してエネルギーのピークカット、ピークシフト、ボトムアップなどに貢献するエネルギーマネジメントが求められている。

一方、二酸化炭素削減50%以上という低炭素社会を目指すためには太陽光エネルギーを導入するだけでは成立せず、循環社会を形成する必要がある。そのためには、エネルギーを廻す、水を廻す、バイオマスを廻す、すなわち資源のリサイクルが求められる。交通、バイオマス資源(廃棄物)など社会全体を最適化させる必要がある。そのためには人々のライフスタイルを一新させ、かつ快適な生活ができる仕組みを構築する必要があり、それをスマートコミュニティと呼んでいる。

3. 日本/中国におけるスマートコミュニティ動向

3. 1 日本のスマートコミュニティビジネス

2010年4月に「横浜」「豊田」「けいはんな」「北九州」の4地域において技術面とともに社会制度面からも日本国内のスマートコミュニティ実証事業が開始され、2011年度予算として222億円を計上している。横浜市はその中で最大規模のマスタープラン(5年間で740億円の規模)を2010年8月に発表した。さらに内閣府は総合特区を2011年から制度化させ、規制緩和を梃子にしてスマートコミュニティ関連の概算予算として2011年に800億円を計上し、4地域に加え他地域でもスマートコミュニティ化を目指す。例えば昭和30年代から40年代にかけて開発された郊外型2LDK・40m²の団地の空洞化が社会問題化しており、そのような場でのスマートコミュニティへの転向が言われている。

3. 2 中国での低炭素都市(生態城)ビジネス

「19世紀は英国が生産方式を世界に広げ、20世紀は米国が消費の仕方を伝え、21世紀は中国が世界に持続可能な発展方法を教える」と中国の高官が説明している。日本ではエコシティと訳されているが、生態系を保全しながら経済成長を実現させる循環型環境共生都市を新しい中国の発展モデルとしている。①最先端の技術、コンセプトの導入 ②スピード③13モデル事業から国内100か所建設へ、さらに新興国での生態城建設の輸出、進出を謳っている。中国政府も国外からの資金、技術、運営ノウハウを期待しており、シンガポール-中新天津、英国-上海崇明島、スウェーデン/イタリア-唐山のように協力関係が既に構築されている。2010年5月の日中首脳会談では中国側は唐山、海南島、天津の生態城に関して日本からの協力を期待していたと言われている。

3. 3. 生態城のコンセプト

生態城のコンセプトは最先端の検証された技術による「循環、再利用、再資源化」となっている。具体的には水循環、雨水利用、廃棄物循環、地中熱利用、グリーン交通を建設していくことで経済の持続的発展、生態環境の健全性、社会調和と進歩を実現させる生態系を持つ都市を構築する。その実現のためには、一人当たりの二酸化炭素排出、再生利用率、再生可能エネルギー利用率など32の指標でモニタリングし生態城が運営される。

- (1) 水循環：生活排水の需要場所での循環（風呂水→トイレなど節水）汚水、生ゴミのエネルギー利用（黒水と称する有機物として回収、発酵させメタンガスのエネルギー利用したうえ再生する）
- (2) 雨水利用：雨水を循環利用させるとともに都市部で山水（水辺/緑の公園がある）に触れられる環境づくり、農業も一部取り込む
- (3) 廃棄物循環：可能な限り分別回収して資源として回収
- (4) グリーン交通：基本は歩いて生活できる健康的なコンパクト都市、自転車利用、電気自動車、電気バスの有効的な導入

4. スマート&コンパクトコミュニティとは

4. 1 スマートとは

スマートなコミュニティとは低炭素社会であるがICT技術を最大限活用し快適で暮らしやすいコミュニティを意味している。また、太陽光、風力など再生可能なエネルギー、電気エネルギーだけではなく熱エネルギーも面的に利活用することでエネルギーの全体最適化を目指し、低炭素型社会インフラパッケージを構築するものである。

4. 2 コンパクトとは

コンパクトなコミュニティとは必要十分な都市機能が十分に集約されているコミュニティをさし、無秩序に広がるスプロール化を起こしている大都市圏を形成しない都市モデルである。歩いて暮らすことにより街で人々が触れ合い、賑わいがありかつ安心安全な街であり、人々のライフスタイルに安心感を持たせることが可能となる。

4. 3 スマート&コンパクトコミュニティが実現する低炭素社会（図1）

ベッドタウンの郊外住宅地から2時間を費やす痛勤地獄、また地方都市におけるバイパス沿いの大型ショッピングセンターに代表されるような石油多量消費の車社会の普及により駅前商店街の空洞化など都市部のドーナツ化現象など20世紀型日本の社会構造を低炭素社会に向け変革させるアプローチがスマート&コンパクトコミュニティである。

太陽光など再生エネルギー利用だけでは現状から50%以下といった二酸化炭素排出削減を実現できる低炭素社会は生まれない。水を廻す(上水→中水→下水→農業用水/産業用水)、エネルギーを廻す(余剰熱の地域利用、余剰電力の熱利用など)、バイオマス(廃棄物をバイオマス資源利用として可能となるエネルギー活用、農業利用など)を廻すことで初めて循環型社会の形成が可能となる。コンパクトであるから3資源(水、エネルギー、バイオマス)を経済的に廻す仕組みが構築できる。市町村合併などの行政の合理化などでは都市づくりでは実現できず、コンパクトなコミュニティづくりを推し進めることで低炭素社会が実現されると考えられる。

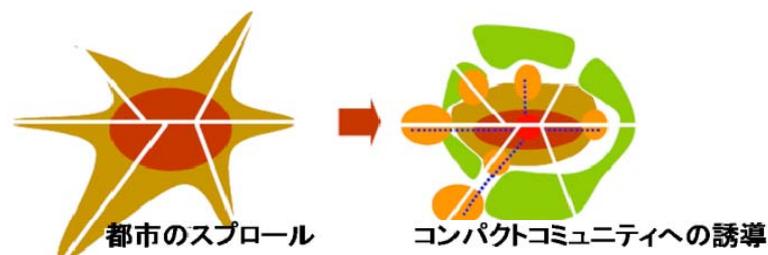


図1 低炭素都市へのアプローチ：スマート&コンパクトコミュニティ

4. 4 北欧の循環社会の成功例

第二次オイルショック以降に日本が省エネルギー政策を取ったことに対し、北欧は廃棄物に負の価値(ペナルティ)をつけバイオマス資源利用を促す循環型社会基盤の構築を目指した。さらに1991年に炭素税などをいち早く導入した。廃棄物、水などが破棄されたものに価値が出てくることにより、新たな技術開発を生み、新たな産業が生まれる社会構造が構築された。その成果として環境循環都市を築くことができた。そしてそのノウハウをシステムパッケージ化し輸出が行われている。

スウェーデンのストックホルム市のハマビー地区(1990年に企画し2016年に完成予定、人口2.5万人)ではすでに循環都市が形成され、一人あたりの水の使用量、二酸化炭素の排出に関して日本の50%以下が実現されている。このコンセプトはSymbioCityというブランドコンセプトによってシステムコンポーネント化(図2)されている。この事業を担ったエンジニアリング会社SWECOは欧州で最も尊敬される環境技術、建築分野の企業として選出されている。SWECOはこのコンセプトをもとに新興国などでの都市の丸ごと売り(循環社会造り)の輸出に手がけ、中国、カナダ、アイルランド、ロシア、南アフリカ、インド、英国、フランスで成功を収めている。

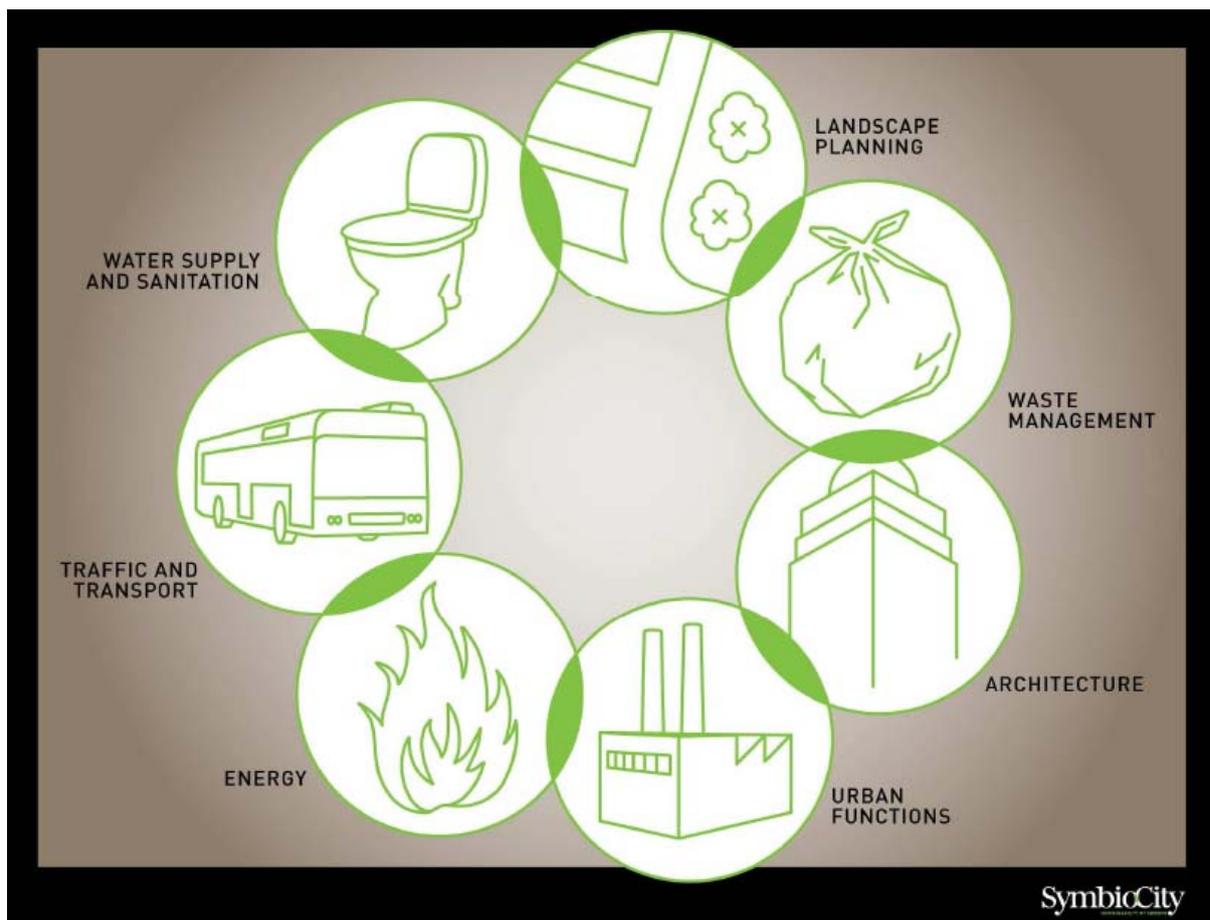


図2 SymbioCity コンセプト

SWECO 社の資料より引用

5. エネルギーマネジメントに関して

スマートグリッドの展開ではエネルギーを上流から下流までの流れをマネジメントするのではなく、需要側と供給側が双方向 ICT 技術を活用した部分最適化、全体最適化の両方のアプローチが必要である。すなわち HEMS（ホームエネルギーマネジメント）、BEMS（ビルディングエネルギーマネジメント）の部分最適だけではマネジメントの限界があり全体最適である CEMS（コミュニティエネルギーマネジメント）、系統側に大型蓄電池を組み合わせる地域エネルギーマネジメント、分散型電源を組み合わせるバーチャルパワープラント（仮想的発電所）などのアプローチが必要となる。

6. 上大岡フィールドテスト

6. 1 上大岡フィールドテスト概要（開発コンセプト 図3）

当社の横浜事業所跡に建設された大型商用施設（当社がイトーヨーカ堂横浜別所店として賃貸中）に蓄電池、太陽光発電、電気自動車など環境負荷低減機器を複合化させたマイクログリッド実証試験設備を設置する。従来のマイクログリッド（日本では青森県八戸、群馬県太田市、愛・地球博（愛知万博）などで実証された）は限定した地域内の電力需要をまかなうシステムであり、今回のテストのような需要側の電気や熱需要を予測した制御はされてい

なかった。設置される蓄電池の SOC (State of Charge 充電量) 制御、管理技術、および SOP(State of Power、充電出力)特性把握の研究開発を行う。またこの設備に連動させて空調向け蓄(冷)熱装置、浄水設備によるデマンドレスポンス、蓄電池を活用しライフライン(水、通信、電気)を確保する防災拠点对応システムなど「大型商用施設向けの蓄電システムの BEMS」の開発、検証を行う。さらに商業施設をベースとした次世代社会システムの浸透を導く「人とエネルギーの調和システム」の開発および環境にやさしい商用設備の有効性を検証する。さらにコミュニティレベルに展開した大型商用施設を核とした EMS シミュレーションも行い、新興国へ展開できるインフラパッケージのコンパクト&スマートシティ戦略モジュールとして日本人の低炭素化意識がモデル化された EMS を開発する。また、2012年度までに開発された EMS システムを横浜市が形成する YSCP (横浜スマートシティプロジェクト) の地域レベルでの実証試験に参画し、検証する NEDO の蓄電複合システム化事業開発に提案し 2010 年 8 月に採択された。

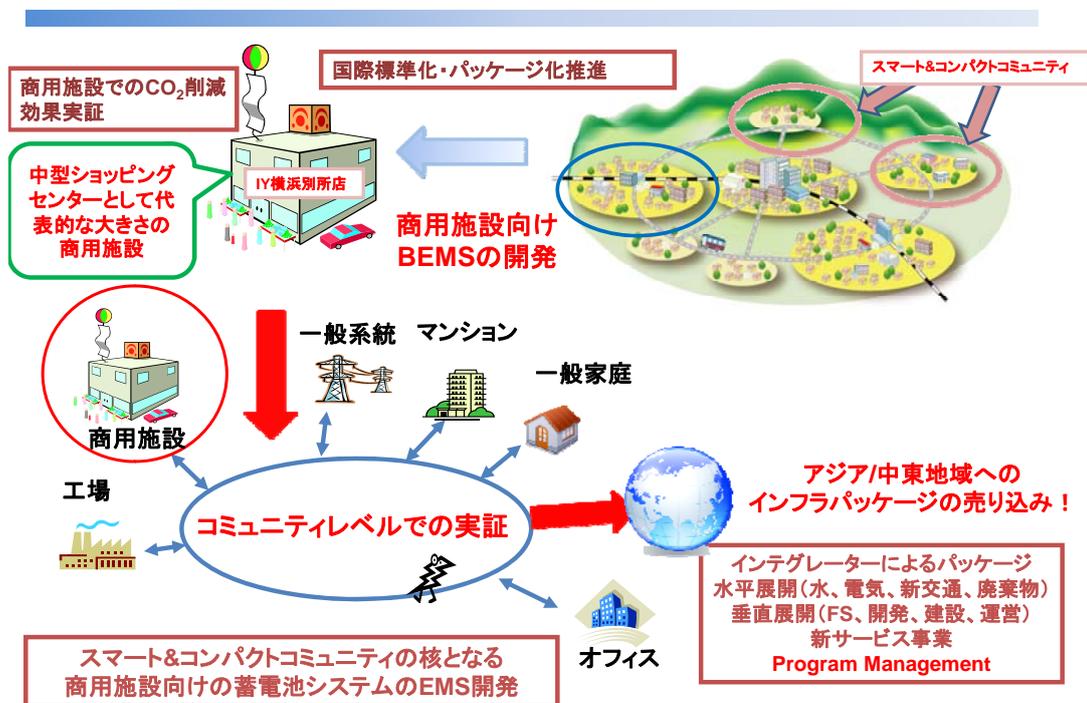


図3 上大岡フィールドテストのコンセプト

6. 2 EMS : エネルギーマネジメントの仕組み (図4)

EMS の構成は、以下の 3 層のアーキテクチャーが一般的である。ここでローカルサーバー層とエネルギーマネジメントシステム層間のデータの受け渡しプロトコールは国際標準化される動きがある。上大岡フィールドテストで開発する EMS では日本 IBM(株)、(株)東芝などとコミュニケーションを取りながら最先端のシステムを開発する。

①機器制御システム層

太陽光パネル、パワーコンディショナー、蓄電池、燃料電池、電気自動車など個別機器の運転状況を監視、制御するシステム

②ローカルサーバー（ゲートウェイサーバ）層

個別機器あるいは機器グループ単位で運転や状態変数をリアルタイムで収集し、また上位のシステムからの指示に基づき個別機器へ動作を指示するシステム

③エネルギーマネジメント戦略システム層

ローカルサーバー層からの情報を入力データとし、特定目的の予測モデルに基づき戦略を立て、出力としてローカルサーバー層に指示を出すシステム

システムの適用範囲は、社会を合理的な範囲で切り取った社会生活部分（シーン）に分解しその中で部分最適化を図り、さらに上位のシーンとの解を調整する全体最適化が有効である。例えば上大岡フィールドテストのような商用施設に対しては BEMS として最適化し、その BEMS を核にしさらに上位の CEMS と双方向 ICT を活用し全体最適化の調整をすることができる。

また、システムを効果的に機能させる要素として電気エネルギーだけではなく、エネルギーの多様な形（電力、熱、水、資源、廃棄物など）を同時に見据えた見える化、予測管理、全体最適化制御ができること、また社会構成員である人びとに分かりやすく表現し、適切なレベルでのエネルギーマネジメントの全体最適化に参加を促すことが必要となる。

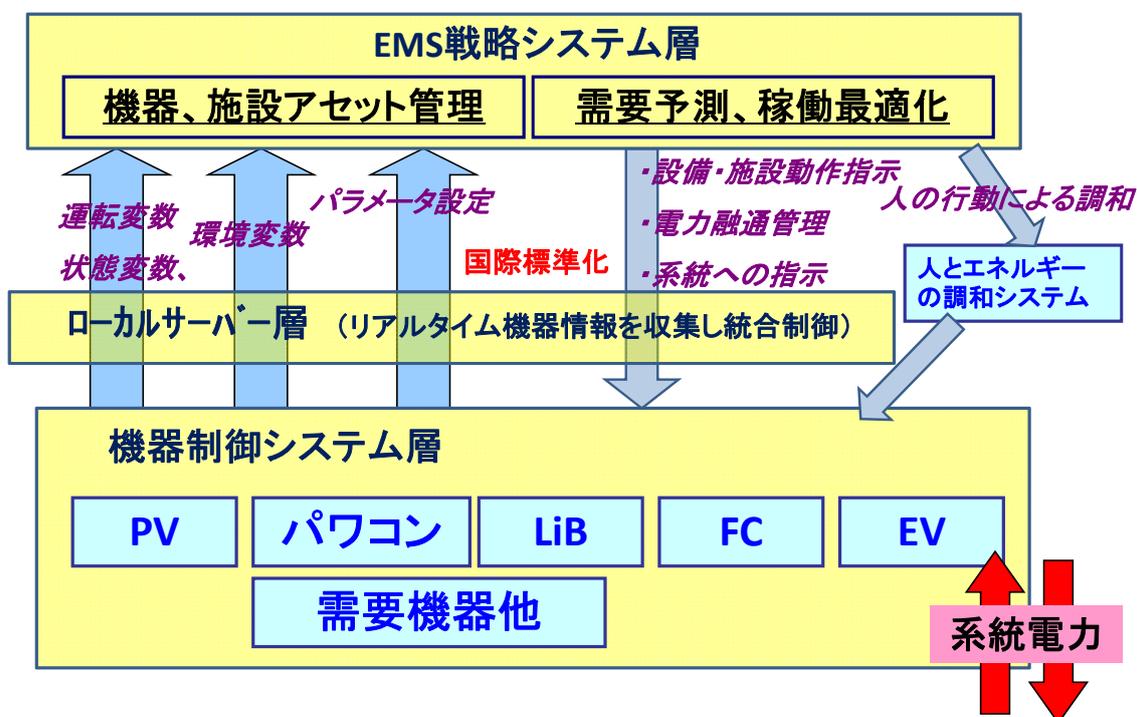


図4 エネルギーマネジメントシステムの仕組み

6. 3 人とエネルギーの調和システム (図5)

社会への新エネルギーの導入はエネルギーシステム全体を複雑化する。この複雑化されたシステムの機能を最高に発揮させるためには利用する人の理解とアクションが必須となる。システムの複雑な事情を翻訳し、エネルギー消費を抑制しながら、社会生活の利便性を高める調和システムを提供する。

実証テストでは電力が余剰な場合には商業施設の買い物客へ割安な電気を供給するリコメンド、電力が不足するときには電気自動車から商業施設へ電力を供給するリコメンドを発信するシステムを構築する。

生産されたエネルギーは様々な要因から減少する。設備機器のエネルギー損失は設備ごとの努力目標で改善されるが、全体的効率ではユーザの意識行動にもかかってくる。日本人の低炭素化意識をシステムとして誘導する「人とエネルギーの調和システム」の導入により、電力設備側からは未知であったユーザの利用行動が明らかとなり、小型系統で課題となる大幅な需要変動を抑制できるようになる。その結果、システム稼働率や設備規模の最適化も可能となる仕組みである。

人とエネルギーの調和システム

◆機器、利用者行動、環境モデルの開発

◆エネルギー利用方法のレコメンド(選択肢と利害)生成技術の開発

◆利用者へのエネルギー状況の効果的提示方法の開発

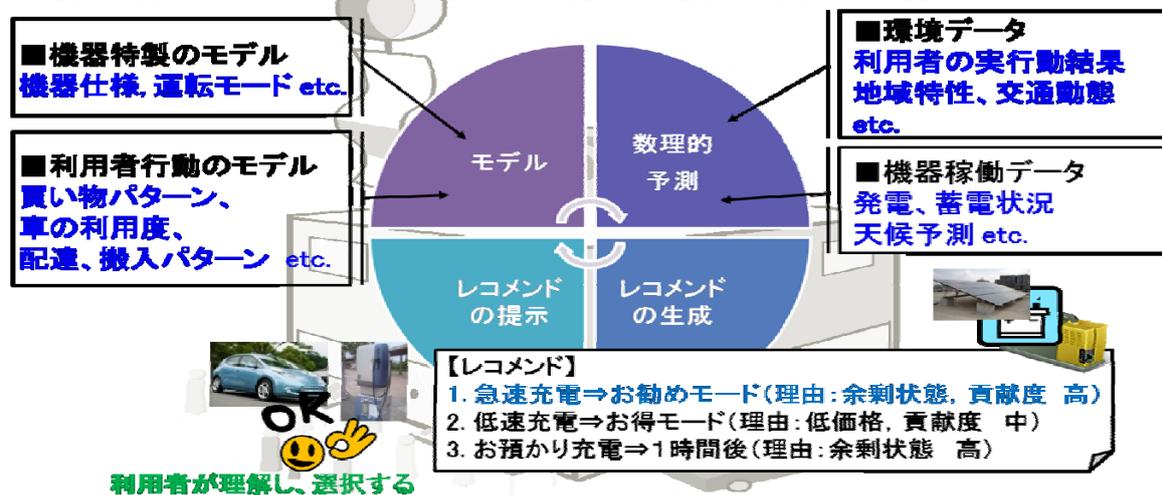


図5 人とエネルギーの調和システム

7. スマートコミュニティビジネスの可能性

学者の文献システム探索から導かれたインターネットが現在のようなビジネスのポジションを取ることは文献システム時代には予想もされていなかった。ネットオークションでは月にシステム手数料だけで数十億円のコミッションがオークション運営会社の収入となっている。

インターネットが引き起こした IT 革命は、情報通信、放送、メディア、商業取引に大きな影響を及ぼした。一方、インターネットのエネルギー版であるスマートコミュニティビジネスでは家電、エネルギー、自動車とその影響力はインターネットよりさらに大きく、ビジネスチャンスと言われている。すなわち、スマートコミュニティの仕組みはエネルギーインフラだけではなく、社会インフラ、コンパクトコミュニティのように都市構造までも変革させるポテンシャルがある。

米国スマートグリッドでは発電会社、配電会社、送電会社といった従来の発電関連のビジネスにアグリゲーターというビジネス業種が生まれている。複数の顧客のエネルギーマネジメントを活用した最適な電力融通を手配する今までにないエネルギーソフトサービス事業者である。

スマートコミュニティでは規制緩和を梃子にして将来今までのエネルギー業界地図が塗り替り、またネットオークションのような新たなプレイヤーが新たな価値を創造するビジネスが生まれることが示唆されている。携帯電話は日本より中国などの新興国で急速に普及した事例のように、スマートコミュニティでは規制、すなわち既得権が生まれていない新興国でいち早く普及するポテンシャルが高い。一方、日本でもスマートコミュニティを視野に入れた規制緩和を行い、2011 年から特区を設けてスタートする。

さらにスマートコミュニティでは既存の自治体のインフラ運営態を ICT 活用により一新させることになり、インフラ運営全般を官から民に移管する PFI 事業の導入のチャンスとも考えられる。この面でも当社にとって新興国のインフラビジネスに参入だけではなく、将来、日本でのビジネスチャンスが出てくるであろう。

8. 終わりに

日本政府が 2010 年 6 月に発表した新成長政策では、単品の機械輸出ではなくインフラシステム化技術輸出が主要政策とされ、その中でもスマートコミュニティは目玉とされている。

サステナブルなソリューションとして都市全体をプロデュースするプログラムマネジメント力が求められる。これは、長年にわたり蓄積してきた当社の総合エンジニアリング能力が発揮できるニュービジネス領域であると考えられる。2010 年は日本のスマートコミュニティ元年であり、環境とエネルギーを標榜するキーワードとする企業体である当社がインフラビジネスとしてスマートコミュニティに参入する必然性は大きいと言えよう。

スマートコミュニティが将来のコアビジネスとなるための布石として、上大岡フィールドテストは重要な実証の場であり、日揮グループにおいてソフトサービス産業向け神器となるエネルギーマネジメント技術を開発し、その成果は大いに期待されよう。