

特集

デマンドサイド・マネジメント

デマンドサイド・マネジメント実現のための最新技術

Emerging Technologies for Demand Side Management

鈴木 浩*・伊与田 功**

Hiroshi Suzuki Isao Iyoda

1. プロローグ

DSM (デマンドサイド・マネジメント) の実現においては、供給者や需要家の行動を把握しておくことが基本である。そこで、本論に入る前にいくつかのエピソードを紹介しよう。

エピソード1

最近太陽光発電など一般需要家の保有する分散電源に関して、発電した余剰電力の電力会社への逆流が許可されるようになった¹⁾。まだ、初期投資コストが高いので普及するには至っていないが、公的助成も始まり、試験的に入れている家庭も出始めている。太陽光発電装置を設置した家庭では、受電用と売電用の2つの電力量計を設置することになる。そのような状況で、売電用電力量計を見た需要家は、そのメータがどんどん上がっていくことに喜びを見いだすようになり、日中はほとんど電気を使わなくなったという。このことは、人は経済原理のみではなく、快感を求めて行動するものであることを示している。その需要家は、自分の主体的行動により利益が得られることの快感、地球環境保護に貢献していることからくる快感などのために省エネ行動を起こしたのであろう。この太陽光発電装置は図らずも有効なDSMとして機能していたわけである。

エピソード2

図-1に、一般家庭の世代別季節別空調用週間消費電力量を示す²⁾。この図から以下のことがいえる。高年齢者家庭では夏は電力を消費しないが、冬は他のグループの2倍以上の消費をしている。すなわち、高年齢層は夏季は冷房は好まず扇風機などで済ませ、冬季は、安全性、使い勝手などの面から、電気による暖房

*三菱電機㈱電力変電技術部長

** " 電力工業システム技術部電力系統第1課長

〒100 東京都千代田区丸ノ内2-2-3

を志向していることを示している。今後の社会の高齢化を考えると、夏ピークだけでなく、冬季の点灯時ピークも増大すると予想されるので、その対策もDSMにとって重要になる。

エピソード3

最近、電気ポットやビデオなど、必要とした時に直ちにお湯が飲めたり、リモコンで遠くから簡単に操作できる便利な機器が増えてきた。しかしそれらは待機中にも多くの電力を消費している。電気ポットは、家庭における最大電力消費機器である冷蔵庫の1/3の電力を消費する。また、ビデオの消費電力は、使用時約26Wであるのに対し電源を切っただけでも約11Wである²⁾。こうした例を含めてDSM検討のベースとなる需要家情報はまだまだ不足しており、ロードサーベイなどに注力する必要がある。

エピソード4

深夜電力を利用した温水器にはタイムスイッチ型、マイコンによる通電制御型などいくつかの種類がある。図-2はそれらの消費する電力を合計して、ある電力会社での温水器全体の電力需要の時間変化パターンを予測したものである³⁾。冬は深夜全体にわたり電力需要が増加しているが、夏季と中間季では、午前1時にタイムスイッチ式の温水器が動作し、電力需要が増加するが、湯が沸き上がると電力需要は減少し、3時頃に

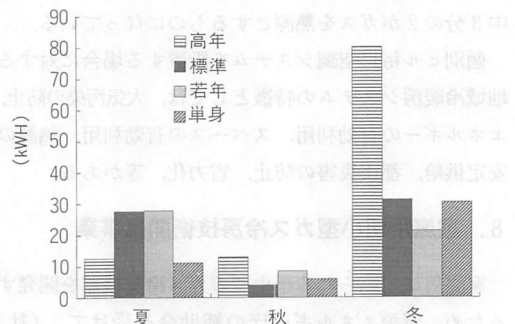


図-1 世代別季節別空調用週間消費電力量

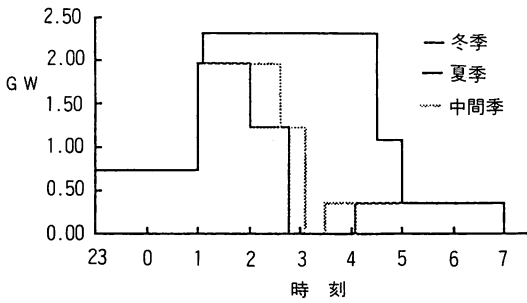


図-2 電気温水器による夜間負荷パターン

はほとんど無くなる。そして、通電制御型の温水器が入る4時頃まで電力需要は0である。DSMの推進においては、機器の導入量だけでなく、動的な時間変化についてもよく把握しておかないと、折角の効果が現れないという例である。

DSMの目標は、負荷平準化と省エネによる効率的な電力エネルギー供給ということにまとめられるが、その対象とする範囲は非常に広く、必要なハードウェア技術も多岐にわたる⁴⁾。ここでは、それを、通信技術、計測技術、顧客情報システム技術、負荷制御技術、ホームオートメーション技術、エネルギー蓄積・省エネ技術に分け、エピソードで述べた需要家サイドの事象も考慮しながら説明しよう。

2. 通信技術

DSMでは、供給側と需要側間の情報交換が必要であり、そのための通信が重要である。この分野の技術開発では、配電自動化、自動検針を目的とした研究が進んでいる、図-3は通信手段と適用対象の分布を示す。個々の通信手段にはそれぞれ特徴があるので状況に応じて選択されていることがわかる。データ通信能力としては、配電線搬送が100~200bps、電話線、専

用ペア線が200~1200bps、同軸ケーブル線が1.2~9.6 kbps、光ケーブルが64kbps~1.2Mbpsと向上するが、当然通信能力とともにコストも上昇する。また、選択に当たってはメンテナンス費も十分考慮する必要がある。

配電線搬送は配電線をそのまま通信線として利用できるもので、別に通信線を敷設する方式と比し、通信線建設費が不要な点、電力供給系が健全なら必ず通信系が確保できる点など多くの利点を有する。その一方、ノイズに弱いこともあり、伝送が不確実になるといった問題があり、遠距離の通信には向かない。信号を大きくすれば伝送が確実になるが、電力消費の増大、需要家負荷への障害の増加が起きる。集合住宅内の通信などに利用されると効果を発揮する。配電線搬送には、信号電圧を線路-大地間に印加する方式と線間に印加する方式があるが、それぞれ適用対象が異なる。

電話線、専用ペア線は、ノイズの問題などなく、相応な情報量が伝送可能である。問題点としては、コスト、電話に加入していない顧客に対する対応が難しいという点がある。従って、図-4に示すように、需要家のデータを配電線搬送で一旦中間伝送装置に集め、そこから電話回線で電力会社に送るという方式などが有望である⁵⁾。

同軸ケーブル、光ケーブルは、伝送できる情報量も大きく、例えば映像情報を送ることもできる。双方向通信能力のあるCATVなどが普及すれば、一般需要家向けにもこのような高速伝送路が利用できるようになる。

無線は、最近注目されている伝送手段である。従来、コスト面で問題があったが、最近の移動体通信技術の発達で、安価になってきた。サンフランシスコのPG&E社では、免許の要らない900MHz帯の微弱電波を用いてパケット切替え方式でデジタル情報通信を

機種	マンション集合住宅	僻地	大口需要家	配電自動化地域	特定地区			需要家サービスパイロット地区
					ニュータウン	高度情報化地区	リゾート開発地区	
搬配電線	大地方式	○		○				
	線間方式	○	○	○				
電話線		○	○			○		
ペア線		○	○	○				○
同軸ケーブル	○		○	○				○
光ケーブル			○	○		○		○
無線		○						

図-3 通信手段と適用対象の分布

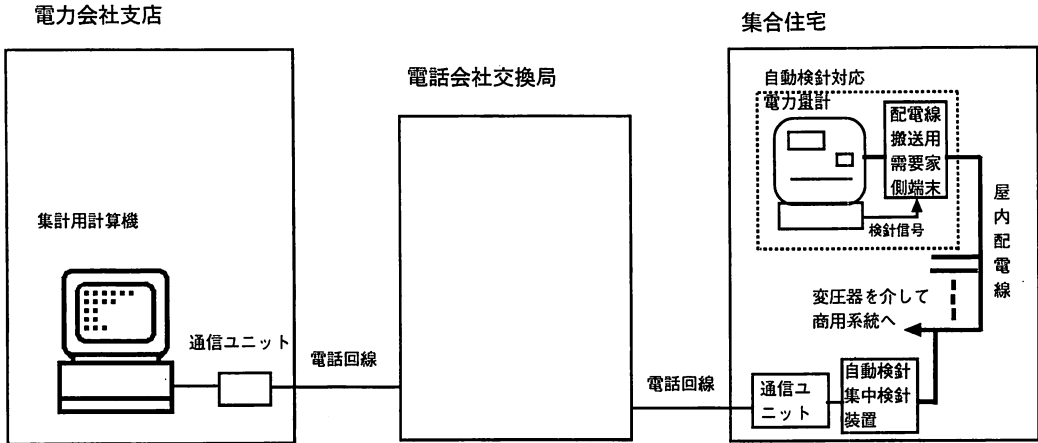


図-4 自動検針通信系統構成の一例

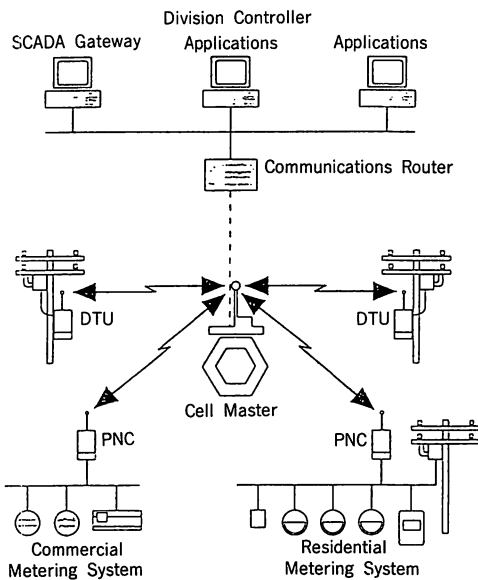


図-5 CellNet 通信網の構成

行い、配電線搬送と組み合わせて配電自動化のための情報通信網を構築している。現在ある地域でパケット無線500台、電子式電力量計1100台、ガスメータインターフェイス600台、配電線切替装置25台を設置し、区分開閉器や調相設備の制御、自動検針を行なっている。図-5は同じPG&E社で開発している無線を用いた通信システムCellNesである⁶⁾。これは、900MHz帯を用いたデジタル広域ネットワークと低電力スペクトラム拡散無線と配電線搬送によるローカルネットワークで構成されている。このシステムは高速リアルタイム双方向データ伝送システムである。現在2400bpsを採用しているが、将来9600bpsになる予定であ

る。免許の必要な900MHz帯の電波を利用する。この電波は25kHzのバンド幅を持ち、これをオーバーラップを許して9つの5kHzのチャンネルに分割して用いている。また、各電波の電力を小さくすることで混信を防ぎ、複数の地域で同じ周波数を使用することで、25kHzのバンド幅で理論上無限の広さの地域をカバーできる。PG&E社ではこの方式を現在2つの地区に適用する予定であり、1995年までには同地区の変電所は100%、配電フィーダは20%に適用される。

多くの情報を需要家に提供して共同して電力系統運用を行うというDSMの主旨からすれば光ケーブルによる通信が望ましいが、膨大な初期コストと現状で得られる便益の限度を考えると直ちに実施することにはならない。電話線、ペア線、無線などの中間的メディアによりコストと便益のバランスを取りながら進めていくことが重要であろう。

通信技術を適用する上で重要な点はそれによってどのようなサービスが電力会社または需要家に提供できるかということである。図-6にサービスメニューの可能性を示す。サービスとして、至近年では、ロードサーベイや配電総合自動化など電力会社が恩恵を受けるサービスが中心になろう。次のステップとして、スポットプライシング対応電力量計と電力会社計算機間の情報交換、温水器や分散電源など需要家側機器の制御などが行われる。一方で、需要家設備監視などのサービスも可能になってくる。2010年頃には需要家が恩恵を受けるサービスも増加し、需要家に提供される情報も停電などの保安情報から、電力会社のPR情報(文書)に移り、最後は映像による教育サービスにまで発展するであろう。保護を必要とする人が増える高齢化社会

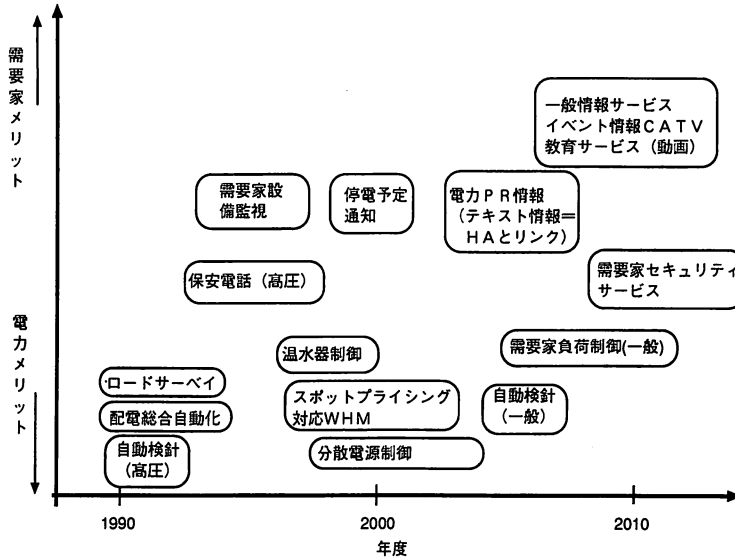


図-6 電力—需要家通信によるサービスメニューの可能性

では需要家設備監視が発展した需要家セキュリティサービスが電力会社の重要なビジネスとなるかも知れない。いずれにしても、投資とそれによって得られるサービスのバランスを取りながら、サービスに関するインフラストラクチャーを整備していくことが重要である。

3. 計測技術

計測技術では、電子式電力量計とロードサーベイでのモニタシステムが挙げられる。季時別料金や、分散電源からの逆送電などDSMで発生する種々の要求を考えると、従来のアナログ式の電力量計では対応できず、電子式電力量計が必要になろう。大口需要家向けには、すでに実用化されているが、一般需要家までの普及が必要になろう。その場合、電力量のみでなく、時間別の電力使用実績、電圧、高調波、力率、停電など品質に関する情報、気温、湿度など環境情報を記録し、場合によっては処理表示する機能が必要になろう。

一方で、エピソード1で紹介した太陽光発電装置の例のように、各需要家のDSMに対する行動の成果が実績として積み上げられるようなメータ表示が必要になろう。すなわち、通常の電力料金が10のところD SM行動により6になった場合、その6を表示するのではなく、改善分の4を明示的、積算的に表示する工夫が必要になる。将来、電力量計は、電力系統情報システムのキーコンポーネントとなろう。おそらく、その時代の人が今日の電力量計を見たとき、デジタル

通信に慣れた我々が初期の電信装置を見た場合以上の技術の差を感じることであろう。

ロードサーベイについては、現在各電力会社で検討実施され始めており、大口需要家については、ほとんどにおいて、一般需要家についても数千戸の単位でサーベイが実施されている。例えば、我が国ではエアコン、冷蔵庫、電子レンジ、洗濯機、暖房器具、温水器、自動販売機など、1 需要家当たり最大10種の機器の30分毎の使用電力量を測定する1000軒程度の需要家を対象としたパイロットシステムが検討されている。また、米国では、1 需要家当たり4点のデータを5分間隔で計測し、一旦格納して、2～4日に1回の頻度で中央の計算機に電話回線を介して収集するシステムもある。

4. 顧客情報システム技術

需要家からの苦情電話は、供給側にとって貴重な情報である。このような情報を効率的に収集すると同時に、顧客に適切な情報を提供して、電力系統の運用を円滑にすることもDSMのひとつである。米国においては、そのような専門のセンターを設け、顧客データベースを整備し、オンラインでデータを修正しながら対応しているところが多い。我が国の電力会社では一般にそのようなセンターは設けていないが、各支店の営業部門において計算機端末を用いて顧客データベースを見ながら顧客からの問い合わせに対応している。データベースには、名前、住所、電話番号、顧客番号、電柱・変圧器・フィーダー番号、使用実績、料金支払

状況などが格納されている。現在は、日米共、大型計算機上一括格納されたデータベースを用いているが、今後の高齢化社会で家庭で医療器を用いたりするようになると、停電時の電源車サービスのための許容停電時間や、系統切り換え作業支援のための地図情報などのきめ細かいデータも必要になり、一括データベースでは応答時間などの面で問題が出てくる可能性がある。そのため、各担当部門の計算機にデータベースを分散して保有しながら統合した管理のできる分散データベース技術が必要になる。このような技術は複数のEWS、ミニコンを組み合わせたオープンシステム型中央給電指令システム向けに検討開発されている。

5. 負荷制御技術

負荷制御には、電力会社の指令に従って直接負荷を制御する直接負荷制御と負荷側で自律的に負荷を制御する分散型負荷制御がある。

直接負荷制御の一例として、九州電力では、NEDOと協力して、鹿児島市内で負荷集中制御システムの実証試験を行っている。その検討項目のひとつにエアコンの制御がある。同試験では、3分OFF7分ON～3分OFF15分ONなどのON/OFF制御と冷房設定温度を変更する設定値制御の両方を試験している。インバータエアコンなどのように、OFF時は電力0でもON時に電力消費を増大して全体として機能を維持する自律的な特性を持つ負荷が増加している現状では、従来のON/OFF制御では対応が難しく、設定値変更制御が必要であろう。

分散型制御には、タイマによる制御、プログラムによる制御などがある。また、電気自動車の充電器や電

気温水器などに系統周波数の変動に応じて消費電力を変化させ、系統安定化を図るという検討も報告されている³⁾。分散型制御を採用すると、通信が不要になるという利点があるが、個々の装置は最適動作をしたとしても、全体では、系統に悪影響を与える場合も考えられるので系統運用の観点からの注意が必要である。また、どの程度の制御量を確保できるかを系統運用者が把握できないと言う問題もある。前述の通信技術が発達すれば、制御可能量の把握や系統状態に関する情報を各装置に与えることで装置全体としても適正な動作になるように誘導することも可能になる。

6. ホームオートメーション技術

将来、電気料金が時刻や、需要家の電力消費パターンによって変化する場合、需要家がそれに合わせて電力需要を調節することは事実上不可能である。そこで、計算機の支援を受けたホームオートメーション(HA)が必要になってくる。図-7は、HAシステムの一例である。このようなHA系に電力会社からの情報を導入することにより、種々のDSM対策が可能になる。たとえば、リビングルームのテレビに時々刻々の電力量を表示すれば、電力消費を効果的に抑制する効果があるだろう。さらに、電力会社からの時間別料金のデータを入力し、料金が一定以上になれば冷暖房の設定温度を1度抑制側に変更して電力需要を抑制することも容易である。さらに、需要家の電力消費パターンを、望ましい電力消費パターンと比較して表示することにより、需要家に行動の変化を促すことや、洗濯機や温水器のように作業時間の変更が容易なものの動作時間を制御することができる。このようにHA

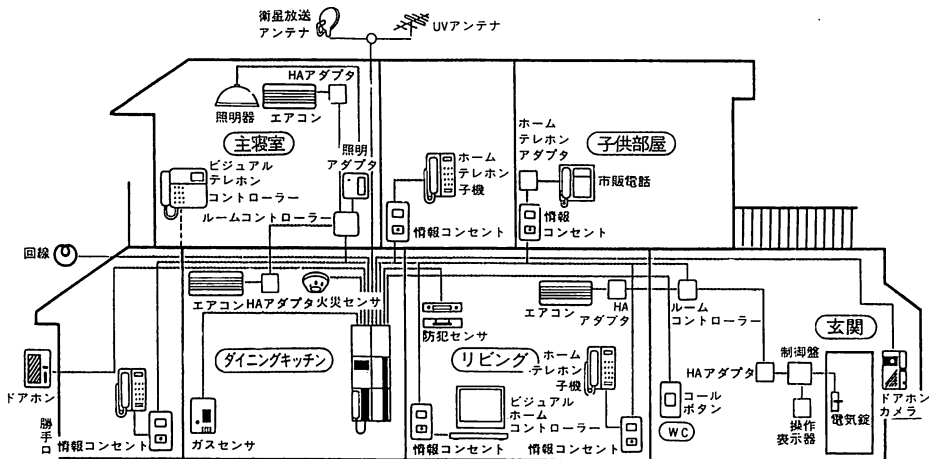


図-7 ホームオートメーション (HA) システムの一例

はDSM推進のための強力な能力を持っているが、現在のところこれを奨励する対策としては、住宅公庫融資額の50万円増額程度である。DSMのインフラとして制度的に奨励していく対策が必要になる。

7. エネルギー蓄積・省エネ技術

各需要家において安価にかつ大量にエネルギー蓄積ができれば、DSMの目的のひとつである負荷平準化は一気に解決するわけであるが、そのような蓄積装置は開発されていない。

二次電池によるエネルギー貯蔵は電気自動車でも最大の課題であり、種々検討されている。表1に電気自動車用に現在検討中の電池の特性を示す⁷⁾。米国の新型電池開発組合が設定した電気自動車用電池の目標はエネルギー密度80~100Wh/kg、寿命5年であり、それに比べると寿命、エネルギー密度ともまだまだ十分でない。一般家庭のエネルギー貯蔵としてはさらに高い目標の達成が必要で、今後相当の開発努力が必要であろう。

熱の形でエネルギー貯蔵としては、氷蓄冷があり、普及しつつある。1トンの水が15℃の水になるまでに、95Mcal蓄冷エネルギーを使用できる。現状はビル用など大型のものを中心に実用化されている。小型のものでは、0.45×0.45×1.40mの蓄熱槽を用いて、通常電気入力3kWのエアコンが必要なところを、1.6kWに削減できたとの報告もある。セラミックレンガに熱を蓄える試みも実施されている。

新しい試みとして、家庭用エアコンにパラフィンを利用した蓄熱槽を設け、屋外に捨てられていた熱を回収蓄積し、暖房立ち上げ時にその熱を放出することで、電気容量を増さずに暖房のスピードアップを図るも

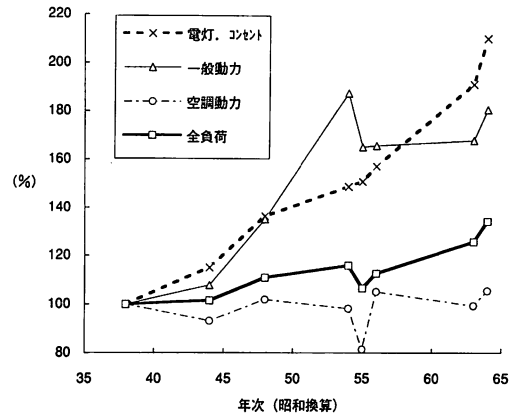


図-8 新築ビル電源設備容量の変遷

のも実用化されている。例えば、4.3kgの蓄熱槽で、2kW相当の熱量を5分間放出することができる。

省エネとしては、パソコンなど事務用情報機器のエネルギー消費をどう抑制するかが鍵である。図-8は新築ビルの単位面積当たりの電源設備容量の年次変化である。数値は昭和38年を100として基準化している。電灯・コンセント負荷が28年間に2倍以上に増加している。これは、情報端末や複写機などの事務機械が増加したためと考えられる。これらの機器は二重に電力を消費している。第一はそれ自体の電力消費、もうひとつは、発生する熱に対する空調負荷の増大である。このため、空調電源設備容量は従来40W/m²程度であったが、最近のインテリジェントビルでは、2~3割程度割増して算定している。外国においては、使用していないパソコンの電源を自動的に切断する省エネ対策について検討し、業務に支障を与えず大きな省エネ効果が得られることが報告されている⁸⁾。

表1 電気自動車用各種蓄電池の諸比較

*βアルミナを含む

電池	エネルギー密度(Wh/kg)		出力密度(W/kg)		寿命(サイクル)		材料費(相対値)
	理論値	現状→将来	現状→将来	現状→将来	現状→将来	現状→将来	
室閉鉛	170	35 → 45	150 → 200	400 → 1000	100		
Ni-Cd	240	50 → 60	160 → 200	500 → 1000	1300		
Ni-Fe	260	50 → 60	160 → 200	800 → 1000	790		
Ni-Zn	340	70 → 85	160 → 220	200 → 500	630		
Ni-H ₂	280	70 → 80	170 → 200	1500 → 2000	1500		
Zn-Br ₂	430	70 → 90	90 → 120	700 → 1000	360		
常温Li	415	60 → 120	100 → 120	100 → 500	2300		
Na-S	780	101 → 120	130 → 150	350 → 1000	1100*		
エンジン	12,000	400	540	50万km(20年)			

なお、HAや蓄エネルギー設備など、建築設備に関する技術においては、ステークホルダーである建設業者に対する考慮が重要になる。米国のEPPI（電力研究所）で検討中の、電力と情報を同時に送る屋内配電線を住宅に設置するスマートハウスの概念は非常に斬新で先進の技術であるが受け入れられにくいのは、住宅建設業者に対するメリットがないためではないだろうか。

8. エピローグ

以上、DSM実現のための最新技術について述べた。通信技術、計測技術、顧客情報システム技術、負荷制御技術などは配電自動化、負荷平準化などを目的に、多くの研究開発が行われ、実用化レベルに達している。ホームオートメーション技術、エネルギー蓄積・省エネ技術は、課題も多いが種々の方法が試みられ着実に進歩している。

今後望まれることは、DSMを考慮した21世紀の電力システムはどのようなものか、そのためには、どの時点までに、ハードウェアとしてなを實現し、どのようなサービス・ソフトウェアを詰め込むかといったグランドデザインを明確にすることであろう。

ただし、その際、個々の顧客と日夜接している、電力会社の配電、営業分野の厳しい実態を認識しておくことは最も重要なことである。どのように高機能の電

子式電力量計でも、誤動作等により、長年築いてきた電力会社、メーカーに対する顧客の信頼を失うようなものは受け入れられない。ハードウェア、ソフトウェアどちらにとっても、現場の実態把握は、DSM検討の第一歩であろう。

参考文献

- 1) 裕口；住宅用逆潮流あり系統連系太陽光発電システム，パワーエレクトロニクス研究会第103回定例研究会資料（1993）。
- 2) 中田他；エネルギー消費とライフスタイル，CORE No. 70，商品科学研究所（1992）。
- 3) 上田他；DSMによるAFC制御補助の可能性検討，平成5年電気学会電力・エネルギー部門大会論文集（論文I）（1993），論文番号21（p121～）。
- 4) 鈴木；注目され始めた電気事業のデマンドサイド・マネジメント，電気学会雑誌，Vol. 113，No. 3，（1993）。
- 5) 神野；自動検針システムの機能をさぐる，電気と工事，1992年5月号（p83～88）。
- 6) Stevenson；"Which Communication Technology Is Best For Automation?"，Transmission Distribution June 1993。
- 7) 藤田；蓄電池の将来展望，電気設備学会誌，1993年6月（p58～63）。
- 8) Lars Erik Hylterfors；"PERSONAL COMPUTERS THAT USE ELECTRICITY MORE EFFICIENCY"，IEA NEW ELECTRICITY 21 PRE-PRINT OF THE CONFERENCE VOL. II，May 1992。

協賛行事ごあんない

「2nd International Workshop on Catalytic Combustion of Natural Gas」

- | | | | |
|-------|---|---------|---|
| 1. 主催 | 触媒燃焼研究会 | 6. 申込締切 | 1993年12月15日(水) |
| 2. 共催 | Gas Research Institute (U. S. A) | 7. 申込先 | 〒816 春日市春日公園6-1 |
| 3. 協賛 | 日本化学会，日本エネルギー学会，他 | | 九州大学大学院総合理工学研究科 |
| 4. 日時 | 1994年4月17日(日)～20日(水) | | 荒井弘通 |
| 5. 会場 | 日本化学会（東京都千代田区神田駿河台1-5，TEL 03-3292-0120） | | (TEL 092-573-9611 内線310，FAX 092-575-2318) |