

2011年11月2日 全17頁

# 電力不足解消のカギは家計部門にある

溝端 幹雄<sup>i</sup>  
神田 慶司<sup>ii</sup>  
真鍋 裕子<sup>iii</sup>  
小黒 由貴子<sup>iv</sup>  
鈴木 準<sup>v</sup>

## 価格メカニズムとスマートグリッドの活用で需要をコントロール

### [要約]

- 計画停電や電力の使用制限といった量の割当は、経済的・社会的損失の大きい資源配分手段であるという問題意識に立ち、価格メカニズムを通じた需給調整機能の有効性について考察した。その際、電力需要のコントロールが難しい点で電力不足解消のカギの一つである、家計部門に主に着目して検討した。
- 従来、電力需要の価格弾力性は直感的に低いといわれてきたが、需要側に着目した分析は十分に蓄積されていない。本稿における電力需要関数の推定では、家計部門の弾性値は短期で▲0.47、長期で▲1.48という値が得られた。すなわち、価格を機能させた効率的な電力需給システムの再構築は可能であり、望ましいというのが私たちの結論である。現状は、どの経済主体がどの時間帯にどれだけの電力需要を真に必要としているのか不明確な需給システムであり、そうした内部情報を引き出すことが価格機能に期待される役割である。
- もちろん価格メカニズムは万能ではない。今後スマートグリッドが整備され、スマートメーターなどの双方向の通信機能を持つ制御機器が導入されていけば、それらが価格を通じた需給調整機能を補完することになるだろう。従来はあまり議論がみられなかったこうした視点も本稿は提示している。
- 米国における価格型デマンドレスポンス（価格メカニズムを使って電力需要を制御すること）の事例・実験結果によれば、スマート機器を用いた場合に、より効率的な需要抑制が観察されている。日本でも北九州市等で注目すべき実証実験が進められており、再生可能エネルギーを大量導入した環境下における、価格メカニズムとスマート機器による需給制御の可能性について、有用なデータや研究の蓄積が進むことが期待される。

<sup>i</sup> 経済調査部 経済社会研究班 次長（主任研究員、第1章・第2章を担当）

<sup>ii</sup> 経済調査部 経済社会研究班 課長代理（エコノミスト、第3章・補論を担当）

<sup>iii</sup> 環境・CSR調査部 課長代理（研究員、第2章・第4章を担当）

<sup>iv</sup> 環境・CSR調査部 次長（主任研究員、第4章を担当）

<sup>v</sup> 経済調査部 経済社会研究班 兼 調査提言企画室 担当部長（主任研究員、第5章及び統括を担当）

## 1. 電力使用制限令や計画停電の功罪

計画停電や電力の使用制限は、あくまでも緊急時の手段

原子力発電所の稼働停止などにより、現在の日本には電力供給の不安がある。そのため、電力に関して需給両面での対策が必要とされている。今春の計画停電や今夏の電力使用制限令は、緊急時の手段であった。ただし、電力会社や政府からの強制的な利用制限措置は、経済主体の自由な選択（経済合理性）を無視することで経済的損失をもたらしたと考えられる。

電力の割当は非効率や不公平を伴う資源配分

一定の時間であっても停電で生産ラインを停止すると、その前後の時間帯の生産性も著しく低下するというケースは少なくない。電力使用制限では、生産時間帯のシフトに合わせて取引相手とのサプライチェーン（契約や運送の内容）を調整するコストが発生する。生産を土日にシフトしたケースでは、学校との連携をしているわけではないため子どもの世話ができなくなる、子どもと余暇を過ごせなくなるといった生活面での問題も生じたとみられる。

景気回復で電力需要は増える

未曾有の危機の中、突然の大規模停電を回避できたことは何よりであった。しかし、今夏の電力供給不足を節電で乗り切れたことで、危機意識が薄らいでいることも懸念される。電力需要は経済が回復軌道に乗って経済成長が高まると、トレンドとして増えるものである。当面は東日本大震災からの復興需要の本格化に合わせて電力消費が増えるだろう。また、長期的には省電力の技術革新が起こるだろうが、生産技術が変化しない間は産出量の増加に合わせて電力の投入量も増える。電力の安定供給体制を確保する必要性は、決して低下しているわけではない。

供給側だけの対応では限界に

その一方で、発電所の建設には時間がかかり、電力供給はすぐには増やすのが難しい。原発の稼働停止問題に対しては既存の火力発電所を最大限活用するのが現実的だが、それにも限界があり、温室効果ガスである二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の排出が増えてしまうという問題もある。CO<sub>2</sub>排出の抑制という点では、今後は再生可能エネルギーへの期待が高まるものの、その発電規模の小ささや不安定さという課題もある。さらに火力発電の燃料費の上昇や再生可能エネルギーの買取費用が電力料金へ転嫁されると、今後の経済活動を抑制する要因ともなりかねない。電力問題は、供給側だけで対処するには限界がきている。

家庭の電力需要に注目

そこで、私たちはこれまで見過ごされることの多かった需要側、特に家庭（家計）の電力需要に注目し、市場メカニズムの活用や新しい投資を通じた効率的な需給システムについて議論したい。具体的には、家庭の電力需要を間接・直接的にコントロールするため、価格メカニズムとスマートメーター・スマートグリッドの早期導入を提案する。

家庭を含めた電力需要をコントロールし、効率的な電力供給体制を確保

企業などの事業所における大口電力需要は、いざとなれば政策的にコントロールできる。一方、小口である家庭の電力需要の抑制は主に各家庭の自主性にゆだねるしかない状況にあり、確実に電力需要を削減できるかどうかは不透明である。日本の電力システムは、需要の変動に追従する仕組みとなっており、需要ピーク時にも安定的な電力供給を確保するため、電力会社は多くの発電設備や送電設備を抱え、それが電力料金を押し上げる原因にもなっていた<sup>1</sup>。もし家庭を含めた電力需要をコントロールできれば、発電コストを抑制しつつ、経済全体に過剰な負担をかけずに効率的な電力供給体制を確保できる。

<sup>1</sup> 八田達夫（2004）「電力競争市場の基本構造」八田達夫・田中誠編『電力自由化の経済学』第1章、東洋経済新報社。

## 2. 効率化を促す価格メカニズム

### (1) 価格メカニズムの利点

#### 現状の電力料金体系

電力需要量に合わせた供給体制

合理的なコストでの十分な蓄電技術が開発されていない現状では、電力は在庫を持つことができないために常に需給を一致させる必要がある。そのため、主に発電所の稼働率を調整することで、電力供給量を電力需要量の変動に合わせてきた。

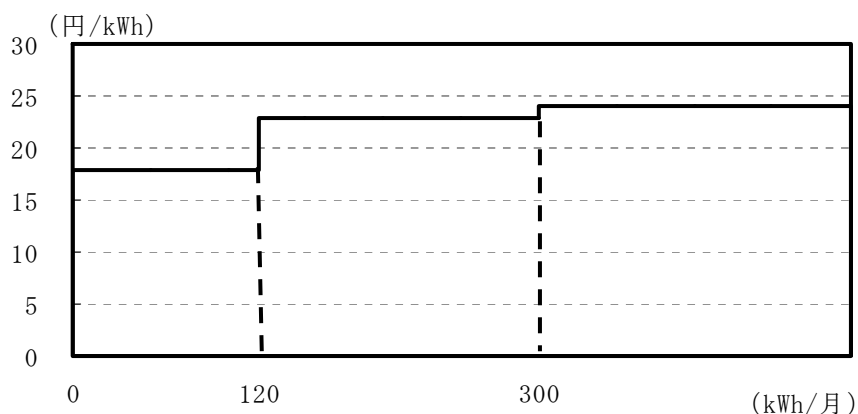
現在でも電力需要に応じた価格体系は存在する

もちろん、現在でも電力需要量をある程度調整する仕組みは存在する。例えば、電力料金は使用電力量が上がれば単価も上昇する。電力会社によって料金体系が若干異なるが、東京電力などで主力となっている従量電灯B（一般家庭用、10A～60A）では、利用アンペア数に応じて異なる定額の基本料金部分（東京電力の場合30Aは月額819円00銭）と、使用電力量に応じて変わる従量料金部分の2つの部分で構成されている<sup>2</sup>。東京電力の例だと、後者の従量部分は、0～120kWh/月までは単価が17円87銭/kWh、120～300kWh/月の部分の単価は22円86銭/kWh、さらに300kWh/月を超えると超過分の単価は24円13銭/kWhへと上昇する（図表1）。つまり、使用電力量が増えると3段階で電力料金の支払いが限界的に逦増する仕組み（三段階料金制度）となっている<sup>3</sup>。

需要が弱ければ価格を引き下げ、強ければ価格を引き上げるのが合理的

また電力需要の平準化を促すための料金体系として、電力消費の少ない深夜の時間帯の料金を引き下げたり、さらに産業用では電力消費の多い夏季の電力料金を引き上げたりするなど、家庭用および産業用において様々な料金メニューが用意されている。

図表1 電力料金の仕組み（一般家庭用、東京電力の例）



(出所) 東京電力HPを参考に大和総研作成

<sup>2</sup> 関西・中国・四国の各電力会社で主力となっている従量電灯A（一般家庭用）契約にはアンペアの区分による定額部分が存在せず、最低料金はあるが基本的には使用電力量に応じた料金体系となっている。具体的には、最初の11～15kWh/月までは最低料金が課され、それを超える分は使用電力量に応じて3段階で上昇する単価が課される料金体系である。従量電灯Aという呼び名はないが、沖縄電力の一般家庭用でも同様の料金体系が運用されている。いずれにしても、日本の全ての電力会社では、使用電力量が増えると電力料金の単価が上昇する仕組みとなっている。

<sup>3</sup> さらに電力料金の算出には、太陽光発電促進付加金や燃料費調整単価等も考慮される。

現在の料金体系は省電力に寄与しているか？

しかし、例えば東京電力の場合、三段階料金制度の第二段階料金と第三段階料金の格差は1kWh当たり1.27円にとどまっております、これがどの程度電力消費を抑制しているかはよく分からない。そもそも、毎月の電力消費を増やすと、ある種のペナルティが課されるということを認識している家計はどの程度あるのだろうか。

現在の電力メーターでは時間帯に応じた細かな調整は無理

また、現在家庭用に用いられている主な電力メーターでは、前月のメーターの数字と今月のメーターの数字の差から1ヵ月間の電力消費量を算出しているに過ぎないため、例えば1時間ごとといった細かい時間設定により電力料金に差を設けることができない。さらに、燃料費の変動等で電力料金の変動することはあっても、実際の電力消費量とのバランスに応じて電力料金の変動するわけでもない。価格によってきめ細かく電力需要の制御を行うのであれば、後述するスマートメーターなどの通信機能を備えた機器やスマートグリッドといったインフラ整備が必要となる。

### 価格メカニズムのメリット

電力の需給ギャップを解消させる価格機能

電力需給を一致させるためには様々な工夫を施した制度設計が必要となるが、既に述べたように、電力需給の関係が崩れた際に人為的な量の割当てを行うのは問題である。効率的な資源配分という観点から重要であるのは、価格メカニズムをうまく働かせて需給バランスを回復させることである。例えば、需給が逼迫した下では電力料金が上昇し、需要者側の節電行動が促されて電力消費量が抑えられるような仕組みとするのはもちろんのこと、独立系電気事業者（IPP）などの供給者側にも電力を高く買い取ってもらえるような供給増のインセンティブを与えるメカニズムが必要である。逆に、需給が緩めば電力料金が低下し、需給バランスを回復へと向かわせる機能が求められる。今後、風力や太陽光による分散型の発電が普及していくとすれば、供給超過時に価格機能が発揮される仕組みはますます重要になるだろう。

必要に応じて電力消費も可能な仕組みを

なぜ、価格を通じた需給調整に意味があるかといえば、電力がどれだけ必要なかは、企業や家庭、そして各自が置かれた状況によってその程度が異なるからである。一般に、病院や半導体工場などは安定的な電力供給が不可欠である一方、過剰な街の照明や人のいない部屋での点灯などは不必要な電力需要であるとされる。だが、本当のところ、どの需要主体がどれほど電力消費を望んでいるのかは外部からは分からない。そこで、外部からは見えづらい電力需要の強さに関する内部情報を引き出すためには、それぞれに電力料金を提示することによって、本当にその電力が必要なのかという意思表示をしてもらう必要がある。

「価格」を使って需要者側の情報を引き出す

つまり、常に安定的な電力供給を望む主体は、少々電力料金が高くても電力を消費するだろうし、無駄な電力消費を行っている主体は電力料金の値上がり把握できる状況になれば電力消費を減らすインセンティブを持つだろう。各自の自発的な消費行動は、政府や電力会社による電力割当と比べてはるかに電力を効率的に利用することになると考えられる。地域別の有無をいわさぬ計画停電や企業規模による一律的な電力使用制限令で使用量に差を設けるという方法は、経済主体の電力需要に関する選好を無視している点で恣意的かつ非効率であり、結果的に経済厚生を悪化させる。反対に、需要に対して発電能力が余っているときの電力料金を引き下げれば、そうした時間帯や季節の電力需要が喚起される可能性もあろう。



北欧や米国の一部では電力市場に価格メカニズムを活用

電力の自由化が進んでいる北欧や米国の一部では、価格メカニズムを使った電力の取引が行われており、そこでは市場制度の設計に様々な工夫が見られる。例えば、将来の電力取引に関する長期契約を結ぶことで、事前取引量と価格を固定させてしまう仕組みや、さらに取引の直前（前日や当日）に発電事業者と大口需要家が長期契約の電力量と実際の電力量との差を埋める調整市場（前日スポット市場やリアルタイム市場）を設けるなど<sup>4</sup>、電力料金の極端な変動を抑えながら価格メカニズムを働かせて需給バランスをとる仕組みが備わっている<sup>5</sup>。

## （２）価格メカニズムの課題とスマートグリッドとの補完関係

### 価格メカニズムの課題

日本で価格メカニズムはうまく機能するのか？

もちろん、自由化を進めて市場の機能を活用しさえすればよいというわけではまったくない。価格メカニズムにも課題はある。常にリアルタイムのみで電力需給を調整することになれば、発電事業者も電力消費者も大きな価格変動に晒されることになり、電力の供給計画や利用計画を立てづらくなる。こうした点を回避するためには、前述した北欧や米国の一部の地域などの仕組みが参考となるだろうが、市場規模が小さい地域と同じような仕組みが果たして日本のような市場規模の大きい国でうまく機能するのか、という論点もあるだろう。

質の高い価格メカニズムの実現には相応のコストが掛かる

一般に価格メカニズムをうまく機能させるには、質の高い市場制度の設計・維持が必要となる。そしてそれには相応のコストも掛かるだろう。例えば、直前期に電力取引の調整が行われるリアルタイム市場では、実際の需給バランスが取れない場合、最終的に電力需給の調整を行う機関が一部の発電会社に急な発電を依頼したり、それでも無理な場合は一部の大口需要家に対して電力利用の停止を要請したりすることになる。急な発電のためにはボイラーを暖める等、発電設備の起動準備に時間がかかるので、発電事業者はそれに備えて常に待機しなければならない。それだけ燃料費や人件費といった余分なコストも掛かることになる。

### 価格メカニズムを補完するスマートグリッドとは

スマートグリッドとスマートメーター

私たちは効率的な電力システムを構築するために、スマートグリッドが不可欠であると考えている。スマートグリッドに明確な定義があるわけではないが、一般には情報技術・通信機能を活用することで、電力供給者と電力需要者との間で双方向の情報交換ができる新しい電力網をいう。また、スマートグリッド上で供給側と需要側の情報通信の窓口を担うのが、スマートメーター等の双方向通信機能を持った機器である。スマートメーターによって単位時間当たりの電力消費量といったより詳細な情報を利用できるようになる。それをスマートグリッドと組み合わせることで、例えば、電力網に繋がる電力需要者同士で余剰電力を融通したり、家庭やオフィス等にある電気機器を外部から遠隔操作して、それらの電力使用を直接コントロールしたりすることが可能になる。また、電力消費の詳細データは、電力価格を設定する上で不可欠な情報になる。

再生可能エネルギーの難しさ

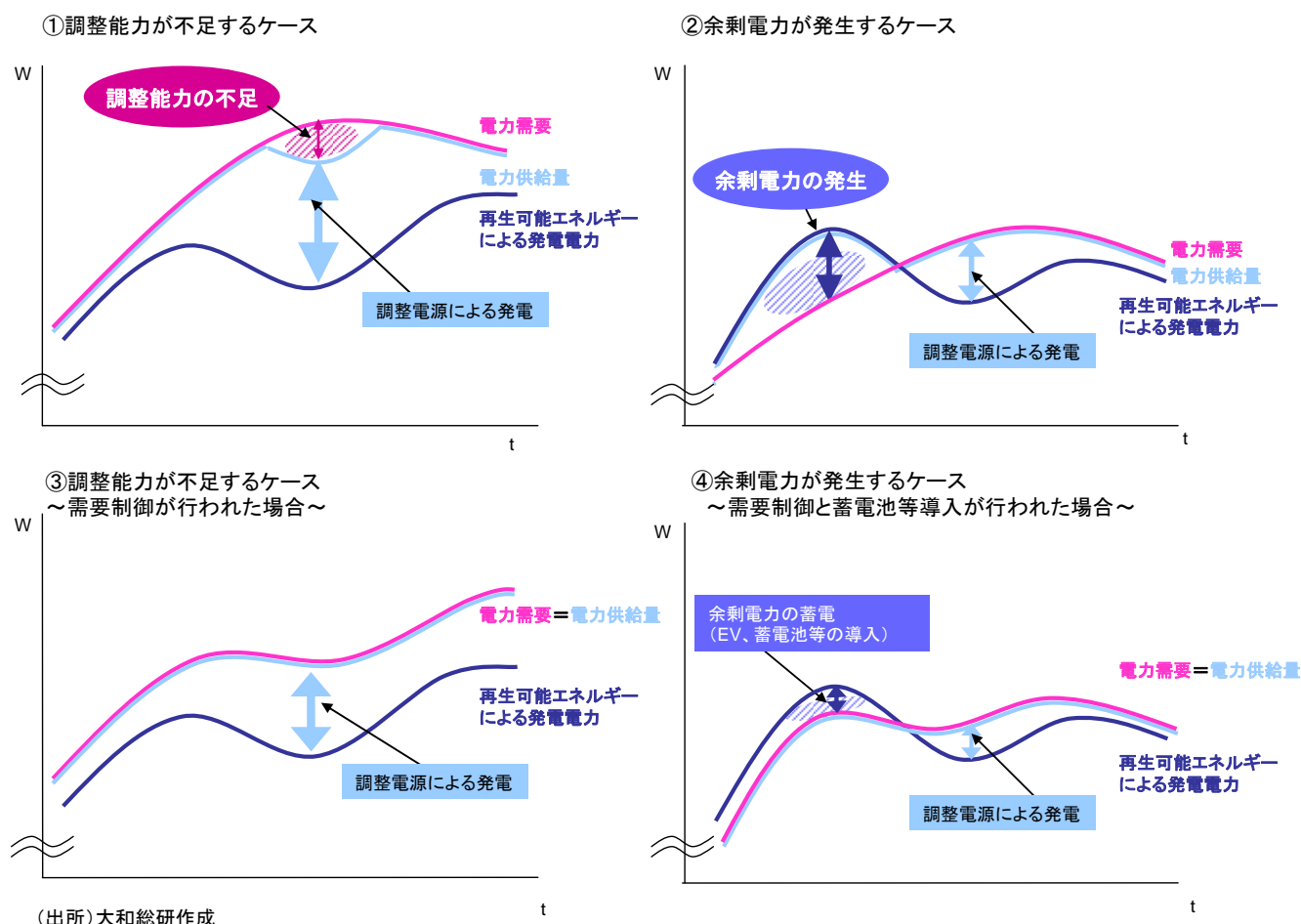
そもそも、スマートグリッドは、再生可能エネルギーを大量に導入した低炭素

<sup>4</sup> 北欧の事例については、前出八田[2004]を参照。

<sup>5</sup> よく引き合いに出される2001年の米国カリフォルニア州の停電については、中途半端な価格自由化が混乱を招いたものと一般に理解されている。つまり、電力の卸売価格は自由化されていたものの小売価格は固定であったため、需給逼迫時に卸売価格が小売価格よりも上昇することで、電力の需要超過が解消されなかったことが原因とされる。

社会を実現するために欠かせない技術である。太陽光、風力等の再生可能エネルギーによる発電は、天候等により出力が大きく変動するため、大量に導入すると電力系統に数々の問題を引き起こすことが指摘されている。電力は、時々刻々と変動する需要に対応すべく、一定量の調整電源（火力発電、貯水式水力発電等出力制御に優れた電源）を確保し、需給バランスを維持することで周波数を一定に保っている。しかし、出力変動の大きい再生可能エネルギーが大量に導入された場合、この調整能力が不足し、周波数を一定に保つことができなくなる可能性がある（図表2の①）。また、需要が弱い休日等に再生可能エネルギーが多く発電された場合、供給が需要を上回り、余剰電力が発生してしまう可能性もある（図表2の②）。日本では、風力発電の導入量が全電源の5%程度を超えると、調整能力不足により需給バランスを維持することが難しくなるとされている<sup>6</sup>。また、太陽光発電の導入量が1,000万kW程度を超えると、余剰電力が発生すると試算されている<sup>7</sup>。こうした電力系統の問題により、再生可能エネルギーの導入可能量は必ずと制限されてしまうのが現状だ。

図表2 再生可能エネルギーによる発電電力と電力需給（例）



<sup>6</sup> 経済産業省「平成22年度新エネルギー等導入促進基礎調査事業（風力エネルギーの導入可能量に関する調査）調査報告書」（平成23年5月）によると、東京電力、中部電力、関西電力を除く各電力会社が設定している連系可能量は、発電設備容量のおよそ5%であることから、設定していない3社の連系可能量を仮に同等（5%）と仮定すると、日本全体の連系可能量は1,018万kWとなることが述べられている。

<sup>7</sup> 次世代送配電ネットワーク研究会「低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワーク構築に向けて～次世代送配電ネットワーク研究会報告書～」（平成22年4月）を参照。ただし、当時の計画どおりに原発利用が進むことが前提となっているため、現在見直し中のエネルギー計画に基づき電源構成が変わればこうした試算結果が変わることに注意願いたい。

再生可能エネルギー導入のコスト低減に寄与するスマートグリッド

こうした問題は、大規模蓄電池の導入により解消することが可能だが、相当なコストがかかる。もし、スマートグリッドにより、再生可能エネルギーの出力変動に応じて需要側をコントロールすることができれば、最小限の蓄電池や調整電源で需給バランスを保つことが可能となり、電力料金を抑えながら再生可能エネルギーの導入量を増やすことができる（図表2の③及び④）。

スマートグリッドと価格メカニズムは相乗効果がある

スマートメーターとスマートグリッドは、本稿のテーマである価格を通じた調整とは必ずしも直接には関係なく電力需給をコントロールできる有力なインフラである。ただ、それに価格情報を組み合わせれば、より先進的な電力システムが実現できると考えられる。既述したように、価格機能を重視しつつも、それは万能ではない。既述したような、急な発電を電力会社に要請しなければならないケースに備えるためのコスト（電力消費直前で限界的に増えるコスト）が高すぎるのであれば、当日の需給調整は基本的にスマートグリッドを活用するのが合理的である。

スマートグリッドは価格メカニズムを補完する

具体的には、もし電力料金の急騰が避けられないようなケースが発生した場合には、スマートグリッドに接続している電化製品への電力供給を止めることができる。仮にこうした制限を受ける可能性があることを条件に電力料金を割安にした料金契約を設ければ、ピーク時の家庭の電力消費を抑えることができ、価格メカニズムとスマートグリッドが相互に補完し合った効率的な電力システムが可能だと考えられる。これは契約者自らの同意に基づく利用制限の契約であるので、量を一律かつ一方的にコントロールしてしまう電力使用制限令や計画停電よりも、経済厚生観点からはるかに優れている。

各家庭がメリットを感じるシステム作りができる

また、電力需要が強まって料金が上昇するときに、先進的な技術で自動的に電力消費が抑制されるサービスがあれば、それを購入したいと考える家計は少なくないだろう。第4章で具体的な事例が紹介されているように、料金の変化に応じて電力需要を制御する機器がもたらすメリットは大きいと思われる。このようにスマートグリッドは、価格メカニズムの弱点を補完する重要な電力インフラとして捉えられる。

### 3. 日本の電力需要は価格に反応するのか？

#### （1）価格弾力性に関する議論の現状と家計の電力消費動向

電力需要の価格弾力性はゼロなのか？

以上の議論から重要になってくるのが、果たして日本の電力需要は電力料金の変化に反応するのかという点である。仮に非弾力的（価格弾力性がゼロ）であるならば、料金をいくら動かしても価格メカニズムは働かず、需要者の行動を変化させることはできない。あるいは、価格弾力性がわずかであれば、需要を抑えるために大幅な電力料金の引き上げを必要とするだろう。弾力性次第では、柔軟な価格体系を実現するよりも、これまでのように電力会社が電力需要者のニーズに合わせて電力を供給する方が望ましいという結論もありうる。

価格弾力性がゼロまたはわずかという仮定は十分には実証されていない

価格の変化に対して電力需要は非弾力的またはわずかであるという主張は、以前からなされてきた。だが、実はそれは計量的に分析された結果でなかった面が強い。秋山・細江[2008]<sup>8</sup>でも、「実際の分析で用いられる価格弾力性の値は 0.1

<sup>8</sup> 秋山修一・細江宣裕「電力需要関数の地域別推定」、電力中央研究所『社会経済研究所 No. 56』（2008年2月）を参照。

や 0.01、あるいはゼロといった、分析者の直感に基づく先験的な仮定に依拠した「ものが多い」と述べられている。実証分析が少ない背景には、これまでの供給側主体の電力政策上、需要側の行動を捉えるための価格弾力性があまり重要視されてこなかったことがあるのだろう。

#### 先行研究では、価格弾力性はゼロではない

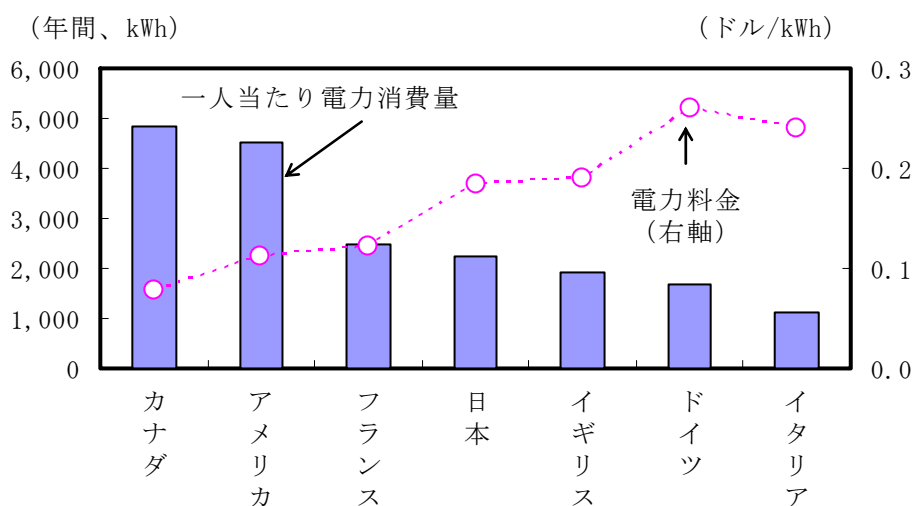
とはいえ、数少ない先行研究の結果をみると、価格弾力性はいずれの実証結果もゼロではない。つまり、価格メカニズムを働かせることで電力需要を抑制させることができる。前述の秋山・細江 [2008] によれば、産業用と商業用の電力需要関数を地域別に推定して価格弾力性を計測した結果、短期では▲0.10 から▲0.30 の間、長期では▲0.13 から▲0.55 の間にあり、都市部よりも地方部の方が相対的に高い傾向がある（短期と長期の説明については後述）。また、日本全体で推計した内閣府[2007]<sup>9</sup>の計測結果は▲0.37 である。

さらに、国際比較からみても、家計の電力需要は電力料金の変化に反応する可能性が高いことが示唆される。図表 3-1 は主要先進国（G7）の家庭部門における一人当たり消費量と電力料金（購買力平価ベース）を表しているが、緩やかながらも、電力料金が高い国ほど一人当たりの電力消費量が少ないという傾向が見てとれる。

#### 本稿では家計の価格弾力性を計測

本稿でも電力需要の価格弾力性を独自に計測するが、本稿は主に家計部門に着目していることから、家計部門の弾力性を推定する。家計の価格弾力性についての先行研究は少なく<sup>10</sup>、今後スマートグリッドなどを通じて電力需要をうまく抑制させなければならない対象は主に家計である。

図表 3-1 家庭部門の電力料金と一人当たり消費量



(注) 右図は2008年のデータ。一人当たり電力消費量は、家庭部門の電力消費量を総人口で割ったもので、電力料金は購買力平価ベース。

(出所) IEA/OECD、IMF、各国統計より大和総研作成

引用文の弾力性はマイナスではないが、これは絶対値を取っているためであり、実際はマイナスの値である。

<sup>9</sup> 内閣府「規制改革の経済効果—利用者のメリットの分析（改訂試算）2007年版」、政策効果分析レポート（2007年3月）を参照。

<sup>10</sup> 数少ない先行研究として、谷下雅義「世帯電力需要量の価格弾力性の地域別推定」、エネルギー・資源学会『エネルギー・資源学会論文誌 2009年9月号』が挙げられる。計測結果は、短期で約▲0.5～▲0.9、長期で約▲1.0～▲2.7となっており、本稿の計測結果に近い。



## (2) 価格弾力性の推計

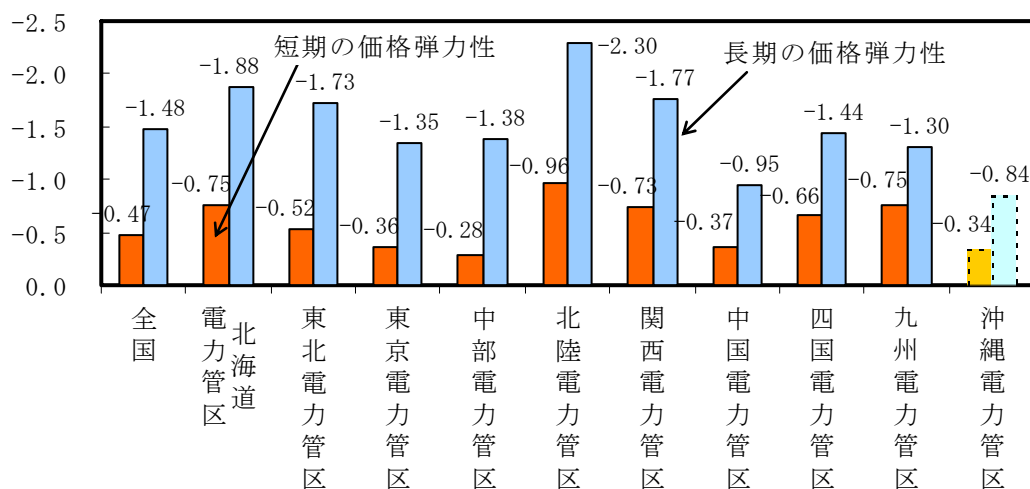
### 電力需要関数を地域別に推定

本稿における電力に関する価格弾力性の推計方法と結果は次の通りである。電力需要は様々な影響を受けて変化することから、電力需要（被説明変数）に影響を与える要因（説明変数）を、①所得、②電力料金、③気温（冷暖房器具の使用度合い）、④1期前の電力需要、の4つとして需要関数を推計し、価格弾力性を計測した。推計期間は1986年から2010年である。また、地域ごとに所得水準や気象条件が大きく異なることを考慮し、県庁所在地別のパネルデータとして電力会社管区別に推計した（計測方法や推計結果については「補論」を参照）。

### 全国ベースの価格弾力性は、短期で▲0.47

推計結果は図表3-2である。図の一番左の棒グラフは、全国における短期（1年間）の価格弾力性で、▲0.47である。つまり、他の条件に変化がなければ、電力料金が1%上昇すると電力需要は0.47%pt低下する。この関係を用いると、今夏のように7～8月のピーク時の電力需要を15%抑制するためには、その期間・時間帯の電力料金を約30%（ $=15\% \div 0.47$ ）引き上げる必要がある。ただし、夏は気温高次第では電力需要が想定以上に増加することが考えられるため、実際には電力料金をさらに（需要超過を回避するために十分な程度に）引き上げる必要があるだろう。

図表3-2 家計の電力需要に対する価格弾力性



(注) 長期の価格弾力性とは、当期の電力需要の変化だけでなく、翌期以降の影響も加味した弾力性。沖縄は10%有意水準を満たさなかったため、点線で表している。

(出所) 総務省、気象庁統計より大和総研作成

### 長期の価格弾力性は▲1.48

全国の長期の価格弾力性に注目すると▲1.48である。電力需要は1期前の需要の影響を受けると想定して計測していることから、今期に電力料金が増加すると、その影響の一部が翌期の需要を変化させ、その影響がさらに翌々期へと、無限の将来にわたって電力需要に影響を与える。そうした影響をトータルで捉えたのが長期の価格弾力性である。1期前の電力需要の係数(0.68)から計算すると、長期というのは5年程度の期間を指しており、長期の価格弾力性は短期の約3倍で

ある<sup>11</sup>。

価格弾力性は地域によって大きく異なる

また、価格弾力性は地域ごとで大きく異なっている。統計的に有意でなかった沖縄を除くと、短期の価格弾力性は▲0.28～▲0.96（長期は▲0.95～▲2.30）である。価格弾力性が最も低い中部（▲0.28）と最も高い北陸（▲0.96）では約3.5倍の開きがある。価格弾力性を全国一律で考えることは望ましくない可能性が高く、きめ細かい制度設計の必要性が示唆される。地域間で弾力性に幅があるのは、世帯人員数や料金体系の違いなどが反映されているためだと思われる。前述した秋山・細江[2008]の推計結果と比べると、どの地域においても家計の価格弾力性が産業を上回っており、これは谷下[2009]の推計結果と整合的である。

弾力性は幅をもって  
みる必要

なお、価格弾力性は計測方法などによって結果が変動する点には一定の留意が必要だ。エネルギー全体の価格弾力性について、海外も含めた実証研究のサーベイを行っている星野[2010]<sup>12</sup>は、推計結果はモデルやデータの種類によって弾力性の高低に幅がでることを指摘している。私たちも本稿で計測した弾力性が唯一のものと考えているわけではない。

家計に価格意識を促すことは電力システムを再構築する上で有効な視点

ただ、ここで強調したいことは、電力消費に対する価格弾力性は十分にあることから、価格メカニズムは機能するという点であり、どの程度の価格変動が必要であるかを様々な知見を動員して見つけ出していく努力が必要だということである。他の先行研究からみると、家計部門は産業部門よりも価格弾力性が高いことが窺われ、家計部門はリアルタイムに需要が把握されていない現状下、電力使用量が増加してきたことは前述した通りである。電力に関する家計部門の価格意識を高めることは、今後の日本における電力システムを再構築する上で有効な視点であると考えられる。

## 4. 米国と日本の事例

### （1）価格型デマンドレスポンスの種類

価格型デマンドレスポンスには電力消費量と料金の情報が必要

本章では、具体的なイメージをもつために、価格メカニズムを機能させることを目的の一つにしたコンセプト事例や実験、モデル事業を紹介する<sup>13</sup>。価格メカニズムを使って需要側の電力消費をコントロールすることを、価格型デマンドレスポンスという（ダイナミック・プライシングという呼び方もある）。割高な料金を示された場合に需要家がとる行動は、「何もしない（割高な料金を受け入れる）」「電力使用を停止する（別の時間帯に使用をシフトする）」「電力使用を抑える（エアコンの温度を調節する、等）」のいずれかと考えられる。デマンドレスポンス実施には、電力消費量と電力料金の情報が全ての利用者にとって利用可能でなければならない点がポイントである。

事前に料金を提示するToUは日本でも提供あり

価格型デマンドレスポンスの仕組みは、図表 4-1 の①ToU (Time of Use)、②CPP (Critical Peak Pricing)、③RTP (Real Time Pricing) の3種に大別され

<sup>11</sup> 短期の価格弾力性を $\alpha$ 、1期前の実質電力消費額の係数を $\beta$ とすると、 $0 < \beta < 1$ と無限等比級数の式から、長期の価格弾力性は $\alpha / (1 - \beta)$ となる。本文で示した $\beta = 0.68$ だと、価格が変化して5年経過した時点までの累積した弾力性は、長期弾力性の約9割となる。

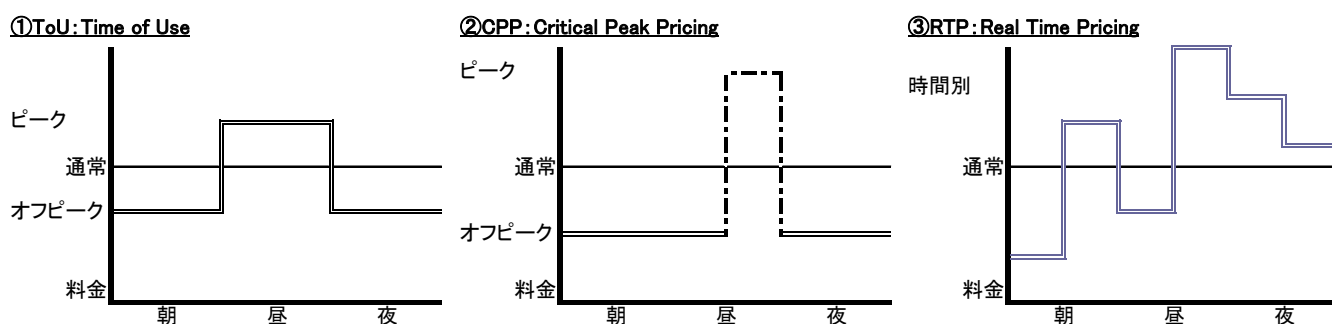
<sup>12</sup> 星野優子「エネルギー需要の長期価格弾力性—政策分析に用いる場合の留意点—」、電力中央研究所 電力中央研究所報告（2010年5月）を参照。

<sup>13</sup> 服部徹、戸田直樹「米国における家庭用デマンドレスポンス・プログラムの現状と展望—パイロットプログラムの評価と本格導入における課題—」、電力中央研究所 電力中央研究所報告（2010年3月）を参照。

る。

- ①ToU：季節や時間帯別に料金が設定される。需要家は事前に申し込む。家庭向けには、東京電力で「おトクなナイト」、東北電力で「低圧季節別時間帯別電力（とくとくパワーナイト）」、関西電力で「はぴeタイム」等のサービスが提供されている。
- ②CPP：年に数回、需給が逼迫した日（Event Day）の数時間だけ割高な料金が設定される。Event Day は年間最大 12 日や 9～15 日等、あらかじめ制限されており、時間帯も昼の 12～16 時、14～17 時等に限定されている。Event Day は 24 時間前に通知されることが多い。
- ③RTP：前日の電力供給市場の予想価格に連動して、1 時間ごとに料金が設定される。当日の刻一刻と変動する電力消費量と価格の情報に連動する場合は、スマートメーター等の双方向の通信機能を持った機器が必要となる。

図表 4-1 デマンドレスポンスの種類



(注) ToUとCPPを組み合わせる方法もある。  
(出所) 各種公開資料を参考に大和総研作成

ToUとCPPは需給逼迫への対応、RTPは需給調整への対応を主目的とする

それぞれの目的と対応方法を整理したのが図表 4-2 である。ToU と CPP は、本稿で課題としている需給逼迫時への対応を主な目的としている。一方、RTP の主な目的は全体の需給調整であるため、供給側に出力変動の大きい再生可能エネルギーが導入された場合、特に有効だと考えられる。

ToUはスマートメーターが不要

ToU を選択した需要家は、あらかじめ分かっている割高な時間帯に電力を使用しない、または使用を控えるという方法で割高な料金を避けることができる。また不在時や夜間に自動で対応するには、割安な時間帯にタイマーをセットする、といった方法がある。この場合、スマートメーターのような双方向の通信機能を持った機器は必要としない。

CPPはスマートメーターが現実には必要

CPP を選択した需要家には、需給が逼迫する日（Event Day）の通知が事前にあるため、在宅していれば ToU と同様に手動で対応することも可能である。しかし自動で対応するには、電力供給側の情報に応じて自動制御を行うスマート機器（スマートメーター、スマートサーモスタット等）を接続する方法がとられる。

RTPはスマートメーター、スマートグリッドが必要

RTP を選択した需要家が、刻一刻と変動する電力料金に追従した対応を手動でと

ることは困難である。スマートメーターや HEMS<sup>14</sup>等で電力の需給情報（料金情報）がリアルタイムに入手できる環境（スマートグリッド）が必要となる。家電や照明等の機器がスマートメーター等に対応していれば、需要家が選んだ優先順位に従って、自動的に使用量を抑制することも可能となる。

図表 4-2 デマンドレスポンスの目的と対応方法

	料金体系	主な目的			需要家の対応方法	
		ピークカット、ピークシフト		全体的な需給調整	手動で対応	機器で自動対応
		予想される需要増への対応	突発的な需給逼迫への対応			
①ToU	固定	可能	不可能	不可能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・使用停止</li> <li>・使用時間のシフト</li> <li>・使用量の低減、等</li> </ul>	家電のタイマー等
②CPP	固定	可能	可能	不可能		スマートメーター＋スマート家電
③RTP	変動	可能	可能 (ピークを起こしにくくする効果)	可能	困難	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スマートメーター＋スマート家電</li> <li>・HEMS</li> </ul>

(出所) 各種公開資料を参考に大和総研作成

## (2) 価格型デマンドレスポンスの効果：日米事例

### カリフォルニアでの CPP の例

CPP の場合、ToU と同様に手動で対応することも可能だが、カリフォルニア州の PG&E (Pacific Gas & Electric) では、中小企業向けに自動的に電力使用機器を制御するサービスを提供している<sup>15</sup>。このサービスの登録者はセントラル空調やヒートポンプ等に「SmartAC™」というスマートサーモスタット、またはスマートスイッチを接続する<sup>16</sup>。エネルギー需要が高まると、「SmartAC™」が PG&E によって起動され、接続機器を制御して電力消費を抑える。PG&E は、調査した顧客のほとんどが起動に気づけなかったとしている。またネットや電話で PG&E に依頼して、ペナルティなしで「SmartAC™」を起動させない日を指定することができる、など、顧客の利便性を損なわないように配慮されている。

### 制御機器を使った方がピーク時削減が多いという実験結果

CPP においてスマートな制御機器の有無が、どのくらいピーク需要の削減率に差をもたらすかの実験が、2008～2009 年の間にワシントン DC で、約 900 の需要家に対して行われた<sup>17</sup>。実験参加者には、1 時間ごとの電力消費量を計測し、そのデータを無線で請求代行業者に送るスマートメーターが無料で設置された。スマートメーターには液晶ディスプレイがついているので、需要家が電力消費量を確認することができる。さらにセントラル空調等を持つ参加者のうち約 1/3 には、無料のスマートサーモスタットが設置された。実験の結果は、スマートサーモスタット無しの削減率が 29% に対して、有りの削減率は 49% と、より需要を減らしていたという。人手を介さない制御機器の有効性を示す一例といえよう。

<sup>14</sup> Home Energy Management System

<sup>15</sup> <http://www.pge.com/mybusiness/energysavingsrebates/demandresponse/sac/>

<sup>16</sup> サーモスタットは温度の調整を行う機器のことをいい、例えば空調の温度調整やオン・オフが行える。一方、スイッチの場合は、オン・オフを行う。

<sup>17</sup> <http://www.powercentsdc.org/>



## スマート機器を使ったRTPでも一定の削減効果

このワシントン DC の実験では RTP の実験も行っている。この実験では RTP を HP (Hourly Pricing) と呼んでおり、電力市場における前日市場 (Day Ahead Market) の価格に連動した実験が行われた。価格は Web サイトに掲載され、無料電話で聞くこともできた。価格が高くなれば、ボイスメール、メール、テキストメッセージで参加者に通知される。スマートサーモスタットにも表示され、自動的に空調の電力消費を抑えるようになっていた。スマートサーモスタットを接続した HP 参加者のピーク時の削減率は 10% と、CPP より低い。しかし、この実験の最終報告書では、実験期間が原油価格の低下やリーマンショックによる産業活動の停滞時期にあり、平均の市場価格が低い状態にあったこと、HP の「高値」が CPP ほどは高くなかったことにより削減率が低かったことを説明できるとしており、ピーク時以外の価格が影響したものと考えられる。

米国における以上の実験結果は、需給逼迫時に価格が上昇すれば需要家は行動を起こすことを示している。また、効果的な需要調整には、スマート機器を用いた直接制御が有効であるといった可能性を示している。日本でも価格メカニズムとスマート機器の組合せによって電力需要を適正化していくことを考えていくべきだろう。

## 価格型デマンドレスポンスによる再生エネルギー大量導入の可能性は、実証試験段階

日本においても、将来の低炭素社会を見据え、再生可能エネルギーの大量導入時に価格型デマンドレスポンスがどこまで機能するのかという実証試験が進められている。「北九州スマートコミュニティ創造事業<sup>18</sup>」では、再生可能エネルギーの大量導入時に需要をコントロールし、電力を安定化させる実証試験が行われようとしている (図表 4-3)。

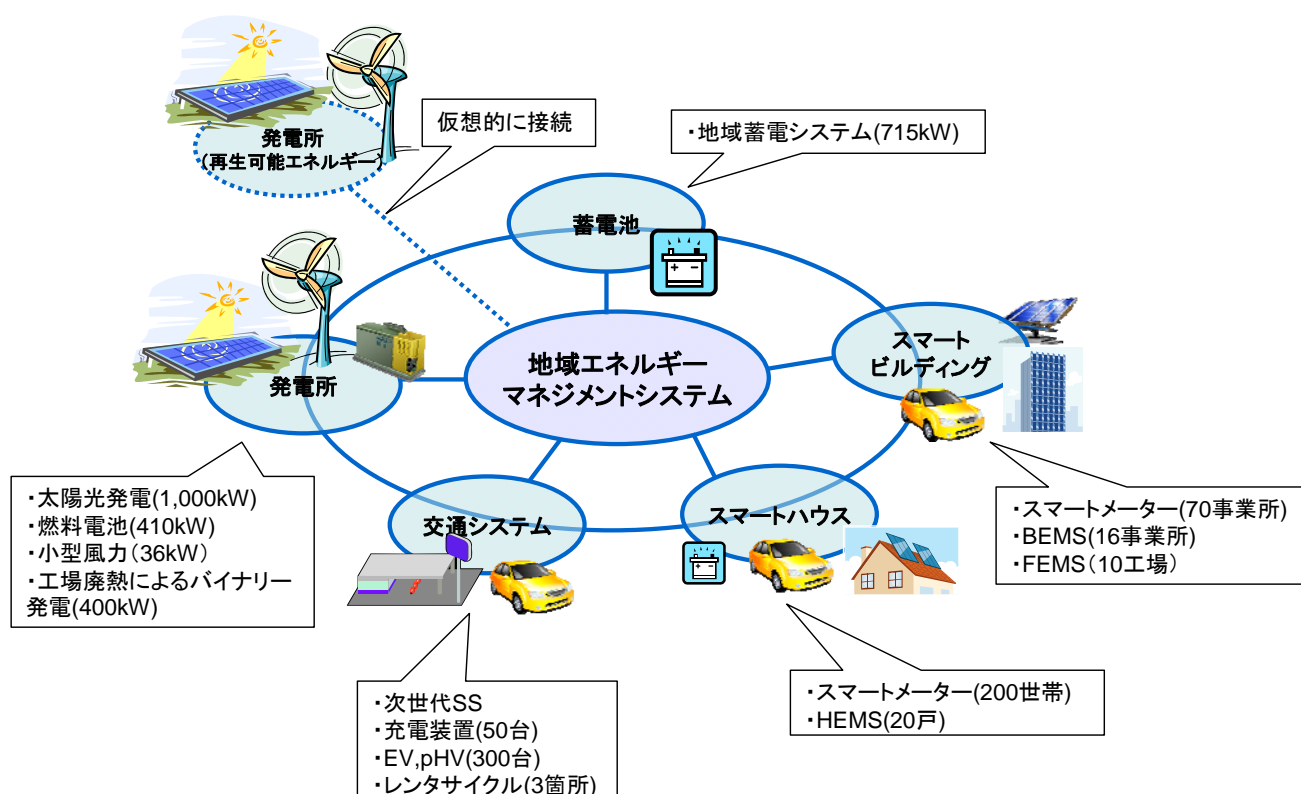
実証エリアである北九州市八幡東区東田地区は、従来、新日本製鐵による東田コジェネを用いた特定供給が行われていた地域である。実証では、東田コジェネによる電力 21,000kW を基幹電力とみなし、太陽光発電、燃料電池、小型風力、工場排熱を活用したバイナリー発電等を導入し、新エネルギー比率 10% での電力供給を目指す。そのために、需要面では、200 件の家庭と 70 件の事業所にスマートメーターを導入し、時間帯別に電力料金単価を変動させるダイナミック・プライシングにより需要を誘導する環境を整える (間接制御)。また、HEMS、BEMS<sup>19</sup>等を通じて、需給状況に応じた家電やビル設備の直接制御も可能とする。さらに、EV や地域蓄電システムを導入し、蓄電も含めた需給バランス最適制御も行う。2011 年度はスマートメーター等の開発・導入を行い、2012 年度からダイナミック・プライシング、2013 年からはインセンティブプログラム (電力安定化等への協力に対してエコポイントなどを付与) を導入する予定となっている。結果に応じて、実証地域外の大規模風力発電、メガソーラー等を仮想的に追加導入し、再生可能エネルギー比率の拡大に応じてどこまで電力品質を維持することが可能か実証する方針とのことだ。

本実証は、対象エリアが特定供給エリアであることから、実際にいくつかのパターンで電力料金制度を変更し、需要家の反応 (レスポンス) を実証することができるのが最大の特徴だ。こうした実証試験は、将来、再生可能エネルギーを主軸とする低炭素社会を実現するために極めて有用なデータになると考えられ、今後に注目していきたい。

<sup>18</sup> 日本では、「次世代エネルギー・社会システム実証地域」として国内 4 地域 (北九州市、横浜市、豊田市、けいはんな市) における 5 ヵ年 (2010~) の実証計画が進行中である。その中でも、北九州市では電力料金を実際に変動させた実証が行われる。

<sup>19</sup> Building Energy Management System

図表 4-3 北九州スマートコミュニティ創造事業におけるエネルギーマネジメントシステム概念図



(出所) 次世代エネルギー・社会システム実証北九州スマートコミュニティ創造事業マスタープラン（平成22年8月）より大和総研作成

## 5. まとめ

本稿では、電力供給不足解消のカギは家計部門にあるという問題意識に立ち、価格メカニズムを機能させることで電力使用の適正化を進めるべきことを議論した。また、今後、再生可能エネルギーの大量導入に伴ってスマートグリッドが整備され、また、スマートメーター等のスマート制御機器が導入されていけば、それらは価格を通じた需給調整機能を補完することにもなることを述べた。最後に、本稿における主張のポイントをまとめると次の通りである。

まず、量の割当である計画停電や電力使用制限は、経済的・社会的損失が大きい資源配分手段である。安定的な電力供給を確保していくためには、電力消費について政策的なコントロールが難しい家計部門に特に注目して、価格メカニズムの活用による効率的な需給システムを構築する必要がある。

価格メカニズムの活用という点では、現在でも使用量に応じて限界的に上昇する電力料金体系が存在するが、どれだけ省電力に寄与しているか分からない。スマートメーターを整備し、外部からは分からない電力に関する真の必要性や人々の選好を価格情報からきめ細かく把握することで、需給を一致させる仕組みが必要である。

これには、電力需要の価格弾性は低いという反論が予想されるが、需要側に着目した分析は十分に蓄積されていない。本稿で推定された電力需要関数からは、家計部門の弾性値は短期で▲0.47、長期で▲1.48 という値が得られた。電力に関する家計部門の価格意識を高めることは、今後の電力システムを設計する上で有

効な視点であるだろう。

ただし価格メカニズムは決して万能というわけではなく、スマートメーターやスマート機器、スマートグリッドと相互に補完関係にあると位置づけられる。米国における価格型デマンドレスポンスの事例・実験結果によれば、スマート機器を用いた場合に、より効率的な需要抑制が観察されている。日本でも北九州市等で注目すべき実証実験が進められており、再生可能エネルギーを大量導入した環境下における、価格メカニズムとスマート機器による需給制御の可能性について、有用なデータや研究の蓄積が進むことが期待される。

以上

## 補論 家計の電力需要に対する価格弾力性の推計について

電力料金が上昇したときに家計の電力需要がどれほど減少するかを知るためには、電力需要に影響を与える価格以外の様々な要因を取り除いて、純粋な価格変化に対する需要の変化を計測する必要がある。すなわち、家計の電力需要関数を推計する必要がある。

ここでは、秋山・細江[2008]、谷下[2009]を参考に、 $i$ 地域（全国または各電力会社の管区、図表補-1）の家計の電力需要関数を下記のように推定した。

$$\ln(QE_{i,t}) = \alpha_i + \beta_i \cdot \ln(Y_{i,t}) + \gamma_i \cdot \ln(PE_{i,t}) + \delta_i \cdot \ln(QE_{i,t-1}) + \varepsilon_i \cdot \ln(HD_{i,t}) + \phi_i \cdot \ln(CD_{i,t})$$

$$\left( \begin{array}{l} QE : \text{実質電力消費額、} Y : \text{実質消費支出（可処分所得の代理変数）}、 \\ PE : \text{実質電力料金、} HD : \text{暖房度日、} CD : \text{冷房度日、} \end{array} \right)$$

推計期間は1986～2010年で、47都道府県の県庁所在地における二人以上世帯の家計データを、地域別にパネル集計している。 $Y$ はデータ制約から、可処分所得の代理変数として消費支出を用いた。平均消費性向の変化が緩やかであれば、可処分所得の代わりに消費支出を用いても、推計結果に大きな影響を与えないと考えられるためである。実際に、可処分所得のデータが得られる二人以上の勤労者世帯において、説明変数に可処分所得を用いた場合と消費支出を用いた場合でそれぞれ推計すると、両者の価格弾力性の差はごくわずかであった。また、消費支出と電力消費額は世帯人員で割った一人当たりベースに変換しており、CPI（持ち家の帰属家賃を除く総合）で実質化している。最後に、暖房度日は平均気温が14度を下回った日について、14度を下回った分の気温を暦年集計したものであり、冷房度日は24度を上回った日について、24度を上回った分の気温を暦年集計したものである。

図表補-1 県庁所在地と電力会社の管区との対応

電力会社管区	県庁所在地							
北海道	札幌市							
東北	青森市	盛岡市	仙台市	秋田市	山形市	福島市	新潟市	
東京	宇都宮市	前橋市	さいたま市	千葉市	東京都区部	横浜市	水戸市	甲府市
中部	長野市	岐阜市	名古屋市	津市	静岡市			
北陸	富山市	金沢市	福井市					
関西	大津市	京都市	大阪市	神戸市	奈良市	和歌山市		
中国	鳥取市	松江市	岡山市	広島市	山口市			
四国	徳島市	高松市	松山市	高知市				
九州	福岡市	佐賀市	長崎市	熊本市	大分市	宮崎市	鹿児島市	
沖縄	那覇市							

(出所) 大和総研作成

推計結果をまとめたものが図表補-2である。短期の価格弾力性は、表の「実質電力料金」の係数であり、全国では▲0.47となっている。また、長期の価格弾力性は表の一番下に掲載している。暖房度日の係数は統計的に有意な地域が少ないが、それ以外の説明変数の係数についてはおおむね有意な結果が得られた（係数に“\*”が付いていれば統計的に有意）。暖房度日が有意でない理由として、灯油ヒーター



やガス暖房など、電気を使わない暖房用品を使用する家計が多いことが影響していると考えられる。それに対して冷房度日は寒い地域を除くとほぼ有意であり、暑い日は主に電気の必要な冷房器具を使うためだと考えられる。

図表補-2 地域別にみた家計の電力需要の推計結果

	全国	北海道 電力管区	東北電力 管区	東京電力 管区	中部電力 管区	北陸電力 管区	関西電力 管区	中国電力 管区	四国電力 管区	九州電力 管区	沖縄電力 管区
定数項	-1.18 ***	-	-	-2.98 ***	-	-	-2.06 ***	-1.82 **	-1.91 ***	-1.98 ***	-4.32 ***
実質消費支出	0.31 ***	0.16	0.15 ***	0.42 ***	0.09 **	0.06	0.28 ***	0.39 ***	0.35 ***	0.45 ***	0.55 **
実質電力料金	-0.47 ***	-0.75 **	-0.52 ***	-0.36 ***	-0.28 ***	-0.96 ***	-0.73 ***	-0.37 ***	-0.66 ***	-0.75 ***	-0.34
1期前の実質 電力消費額	0.68 ***	0.60 ***	0.70 ***	0.74 ***	0.80 ***	0.58 ***	0.58 ***	0.61 ***	0.54 ***	0.42 ***	0.60 ***
暖房度日	0.01	0.03	0.00	0.10 ***	0.00	0.13 **	0.13 **	0.01	0.09 *	0.06	0.00
冷房度日	0.01 ***	0.00	0.00	0.05 ***	0.02	0.02	0.11 ***	0.07 ***	0.08 ***	0.08 ***	0.31 ***
自由度修正済 みR2	0.94	0.96	0.95	0.95	0.94	0.95	0.94	0.90	0.96	0.95	0.95
DW値	2.34	1.98	2.34	2.42	2.37	2.37	2.08	2.01	2.29	2.09	2.35
長期の価格弾 力性	-1.48	-1.88	-1.73	-1.35	-1.38	-2.30	-1.77	-0.95	-1.44	-1.30	-0.84

- (注1) 推計期間は1986～2010年。二人以上世帯。変数はすべて対数変換。47都道府県の県庁所在地の家計について、各電力会社管区別にパネル推計。Hausman検定により固定効果モデルか変量効果モデルかを決定。\*\*\*は1%、\*\*は5%、\*は10%有意水準を満たす。
- (注2) 消費支出と電力消費額は世帯人員で割った一人当たりベース。消費支出と電力料金はCPI（持ち家の帰属家賃を除く総合）で実質化。電力料金はCPIの価格指数。
- (注3) 暖房度日とは、平均気温が14度を下回った日について、14度を下回った分の気温を暦年集計したもの。冷房度日とは、平均気温が24度を上回った日について、24度を上回った分の気温を暦年集計したもの。
- (出所) 総務省、気象庁統計より大和総研作成