

電力系統から見たデマンドサイド・マネジメント

Future of Power System and Demand Side Management

大山 力*

Tsutomu Oyama

1. はじめに

電力需要は今後とも長期にわたり堅調に伸びていくものと予想されている。電力系統の計画、運用をおこなう者は需要の増加に対応して、経済性、信頼性により優れ、環境にやさしい系統を構築していく必要がある。

デマンドサイド・マネジメントは、そのような電力系統を構築していくための一つ的手段として捉えることもできる。しかし、経済性、信頼性に優れ、環境にやさしい系統を構築する手段としてはデマンドサイド・マネジメントだけでなく、供給側（サプライサイド）の対策も重要である。供給側と需要側の対策が互いに協調しておこなわれて、はじめて、未来の望ましい系統が形成されるのである。

そこで、ここでは、電力系統が現在抱えている問題およびその将来展望について述べ、その中でデマンドサイド・マネジメントがどのような役を果たし得るのかについて考えてみることにする。

2. 電力需要の増大と電源立地難

初めに述べたとおり、電力需要は今後も量的に拡大することが予想されている。デマンドサイドではなく、サプライサイドのみの視点に立てば、電力需要があれば無条件で（その電力需要を減少させるといったことをしないで）供給する必要がある。しかし、電気エネルギーはそのままの形で貯蔵することができないため、増大する電力需要に対処するためにはピーク需要を上回る量の発電設備（揚水発電等も含む）を用意しなければならない。

今後、我が国において電源設備容量がどれだけ必要になるかを予想したもの²⁾が図-1である。これからも電力を安定に供給するためには、特に原子力電源の立

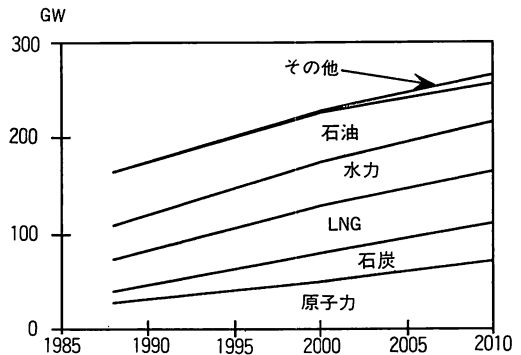


図-1 電源構成の推移（予想）

地が順調におこなわれることが必須である。しかし、国内外の状況を見ても、今後の原子力立地が容易であるとは言い難い。予定外の電源立地の遅延を覚悟する必要がある。

また、電源立地場所を見てみると、新たな電源は大消費地からますます遠くなる傾向にある³⁾。図-2は最近建設された原子力発電所および大容量火力発電所が需要の中心地（東京、大阪等）からどれだけ離れているかを調べたものである。図から、年々電源の遠隔化が進んでいることが読み取れる。

このような電源立地難、遠隔化という状況の下で電

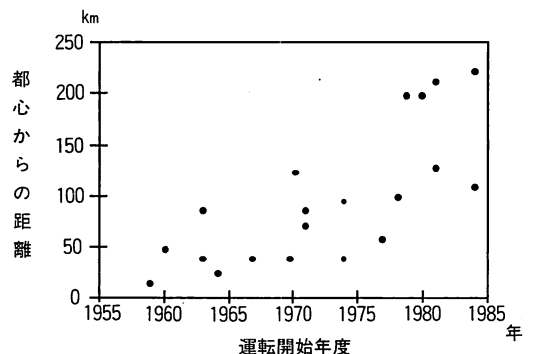
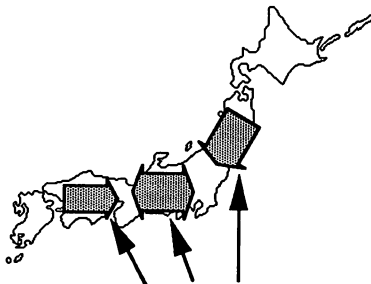


図-2 電源の遠隔化

* 横浜国立大学工学部電子情報工学科助教授
〒240 横浜市保土谷区常盤台156

力を安定に供給し続けるためには、日本国内を大容量送電ネットワークで接続し、供給力が不足する地域に対して余裕がある地域が援助することが求められている³⁾。状況がそれほど変化しないものとする、長期的には(例えば2010年頃を想定)電源立地の遅延等の事態に対処するために東北・北海道と首都圏、九州・中国・四国と関西圏、首都圏と関西圏の間に2GW以上の容量の送電網を建設する必要性が生じる可能性がある(図-3)。



2GW以上の送電容量が必要

図-3 将来必要な連系線容量(最悪ケース)

なお、ここでいう送電網には遠距離に建設された電源から大需要地に電力を運ぶいわゆる電源送電線は含まれていない。自社の供給地域外に電源を建設し、そこで発生した電力で供給地域内の電力需要をまかなうやり方は、現在もおこなわれているが、今後さらに多くなるものと考えられる。そのために必要な送電網も考えると、さらに大容量のものが必要となる。

デマンドサイド・マネジメントは逼迫した需給状況を緩和するための一方策であると考えることができる。デマンドサイド・マネジメントによってピーク需要が削減できれば、これまでに述べてきた電源立地の問題、送電網整備の問題に対して大きな助けとなるはずである。

ただし、デマンドサイド・マネジメントによるピーク削減を電力系統における電源計画、送電計画におこむためには大きな問題がある。それは、デマンドサイド・マネジメント策によって削減される需要を正確に予測することが難しいということである。大きな効果があるかもしれないが、あまり効果がないかもしれないといった状況では、需要家への供給義務を背負った電力会社としてはなかなか採用しにくいという側面がある(このことについては4節でも述べる)。

電源立地難の問題はデマンドサイド・マネジメント

策の積極的な採用に直接結び付くように思われるが、現在の我が国の状況を見ると「積極的」とはいえないようである。これは、上記のような理由によるのではないだろうか。

デマンドサイド・マネジメントの効果をより正確に予測できるようになるためには実際に様々なデマンドサイド・マネジメント策を実施してみて経験をつむ必要があろう。しかし、デマンドサイド・マネジメントを積極的に押し進めなければ経験をつむことができない。「鶏が先か、卵が先か」といった議論と似た問題になっている。デマンドサイド・マネジメントの大幅な採用には環境・エネルギーを重視し、供給信頼度の考え方を少し緩和する必要があるのかもしれない。

3. 都市の過密化、需要の高密度化

前節で見た電源の遠隔化とも関連するが、今後、大都市はますます過密化し、それに伴って、都市部の需要はますます高密度化するものと予想されている。例えば、東京の山手線内の電力需要密度は、1989年には1平方kmあたり65MWであったが、2010年には105MWにもなるものと予想されている³⁾。このような状況を背景として、前節で見たような電源立地難、遠隔化の問題が起きているわけである。

需要家に電力を供給する配電の面から考えると、需要の高密度化は必ずしも悪いことではない。需要が集中していれば変電所から需要家までの距離が少なくてすみ、コスト面、信頼度面での利点があるからである。

しかし、今後予想される過度な需要の高密度化は、電源、送電面だけでなく、都市供給そのものをも困難にしつつある。都市の電力供給は、「都市中心部への電力の供給」と「中心部での配電」の二つの問題があるが、電力需要の高密度化によってそれらの問題が解決困難となる恐れがある。

まず、「都市中心部への電力の供給」について考えてみる。都市中心部には電源はほとんど存在しない。そのため、都市中心部で使用される電力の大部分は外部から流通設備を通して供給されなければならない。図-4は、都市中心部への電力供給の概念図である。このように都市周辺の高圧外輸線から都市中心に向かって放射状に電力が送られる。

放射状送電線は都市から離れた部分では架空送電線、都市に近付くと道路下に布設された地中送電線となっている。しかし、そのようなルートは無数にあるわけではない。地中送電線を布設できるような幹線道路は

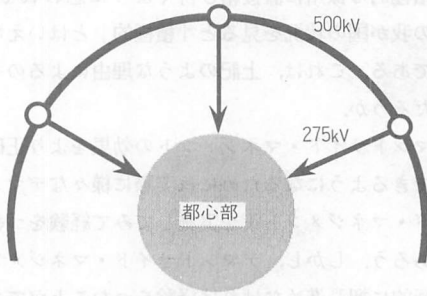


図4 都市供給のイメージ

それほど多くはないからである。また、1ルート当たりの送電容量にも限度がある。さらに、地中送電線の新設や容量増加工事は簡単にはおこなえない。従って、都市中心部の需要密度があまりに大きくなると、都市中心部への電力の供給のための流通設備が不足する恐れがある。

次に、「中心部での配電」の問題である。都市中心部に運ばれた電力は、そこで電圧を落して各需要家に配られることになる。そのためには都市中心部に変電所を建設する必要がある。最近ではビルの地下に変電所が建設されることが多いが、その用地の確保に支障をきたすことが懸念されている。

前にも述べたように、将来は東京の山手線内の電力需要密度は、1平方kmあたり105MWにもなるものと予想されている。このような状況では、例えば275kVの超高压変電所一箇所当たりの容量を400MWとしても、約4平方kmに一つ超高压変電所が必要になってしまう。さらに低圧の配電用変電所は1平方kmに一箇所では不足してしまう。それだけの変電所用地の確保は困難である。

この問題を解決するためには、次のようなことが考えられる。まず、サプライサイドから見ると、どうしても設備を建設しなければならない。いかにコストがかかろうと流通設備、変電設備を建設することが使命である。当然、何らかの対策がなければ電気料金にはねかえることになる。考えられる対策は法規制面での優遇措置などがある。例えば、ビルの地下に変電所を建設した場合に床面積などでの優遇措置をとることなどである。しかし、このような対策は、もちろん、電気事業者だけでおこなえるものではない。

発想を変えてデマンドサイドから見ると、都市中心部のピーク需要を抑えることができれば上記の問題は非常に楽になる。ピーク需要を抑制するためには、季

特別料金制や直接制御、エネルギー貯蔵機器の奨励などが考えられる。さらに、都市中心部の問題に限れば、需要の地方移転も重要であろう。そのためには電気料金に地域格差をつけることやその他の優遇措置をおこなう必要があるだろう。

なお、このような都市の高密度化の問題は、日本において特に顕著な問題であるらしい。世界の他の大都市、例えば、ニューヨーク、ロンドン、パリなどでも問題はそれほど深刻ではないようである。従って、需要の地方移転などは日本において特に大きな問題であると考えることができる。

いずれにしても、もし、デマンドサイドにおける対策が確実に信頼できるものであれば、都市中心部の需要の高密度化の問題に有効であることは明らかであろう。

4. フレキシブルな電力系統計画

電力系統の拡充計画を立案する際には、まず、将来にわたって供給支障を起こさないようにしなければならない。その上で、当然のことであるが、経済性を追求し、コストを引き下げようとしなければならない。

そのためには、従来、次のような手順がとられていた。まず、将来の需要を予測する。そして、予測誤差を考慮して、ある程度の余裕を上乗せする。その上で、その（余裕を含んだ）需要を満足するような経済的な計画を立てる。

このようなやり方で拡充計画を立てても、電力需要がどんどん伸びている間は、特に問題は起きなかった。もし、少し余分に設備を建設したとしても、数年経てばその設備は必ず必要になるからである。しかし、近年、需要の伸びは鈍る傾向にある。もしも（需要が思ったほど伸びず）設備を余分に建設したとすると、その設備が必要になる時期はなかなか来ないかもしれない。余分な設備は電気事業者の経営に大きな影響を与えるようになってきたわけである。

電力系統の計画に影響を与える不確実性は需要の伸びばかりではない。原子力発電所に代表されるような大規模電源の建設の遅延なども電力の受給計画に大きな影響を与える。また、燃料の供給不安定なども影響が大きい。

そこで、近年、系統計画者の間で「フレキシビリティ」という概念が話題となってきている。フレキシビリティとは、様々な不確実性に対処して納得いくコストで素早くシステムを適応させる能力である。

表1 発電計画に影響を与える要因

項目	点数
需要の自然増	32
燃料価格	27
建設コスト	24
排出規制	20
発電所の認可	19
天然ガスの供給	17
原子力の選択肢	15
新しい系統連系	14
サードパーティの参入	13
電力の輸出入	12
財政上の圧迫	12
新型発電ユニット	12
エネルギー税	12
DSMの成功	11
マーケットシェア	11
認可の遅延	11
既設発電所稼働率	10
電気の代替	9
独立発電者	9
コージェネレーション	9
金利	9
為替レート	9
発電所寿命	7
新設発電所効率	6
新設発電所稼働率	6
石炭に対する制約	6
燃料の転換	6
燃料全般の供給	5
環境税	4
既設発電所効率	3
再生可能エネルギー	3
貯水池の容量制約	3
系統連系の認可	3
効率基準	2
輸出契約	2

フレキシビリティを理解するためのキーワードは「不確実性」と「素早さ」である。原子力発電所のような大規模電源の建設には長い時間がかかる。そのため、不確実な長期需要予測に基づいて計画を立てなければならぬことになる。短期間に建設できるような電源であれば、より確実な短期需要予測に基づいて計画を立てることができる。従って、不確実性を減少させるためには素早さが重要であることは容易に理解できる。

ヨーロッパを中心として各国でフレキシビリティに

関しておこなわれた検討⁵⁾によれば、電力系統の計画、特に発電計画に対して影響が大きいと予測されているものは表1のようなものである。この表は各国の電気事業者が各項目の重要度について3点満点で解答したものを集計し、合計点の高い順に並べなおしたものである。表はいろいろな国の結果を集計したものであるため、例えば電力の輸出入等のように当面日本にはあまり関係のない項目もあがっている。

この表によれば、ともかく需要の自然な伸びが最も影響すると考えられており、その次には燃料費、建設費といったコスト要因が並んでいる。デマンドサイド・マネジメント（DSM）プログラムの成功は14番目にあがっている。この検討は前にも述べたとおりヨーロッパを中心としておこなわれたものであり、アメリカの電力会社の考えは含まれていない。もしアメリカも含めればデマンドサイド・マネジメントの注目度はもう少しあがるものと考えられる。

しかし、いずれにしても、デマンドサイド・マネジメントへの注目度は思ったより低いと感じられた方もいるのではないだろうか。この原因はどうも、不確実性にありそうだ。デマンドサイド・マネジメントプログラムに対して末端の需要家がとる行動は不確実であることが多く、そのため、プログラムの効果そのものが不確実であるとの認識があるようである。

5. 需要家端における分散発電

狭義のデマンドサイド・マネジメントとは異なるかもしれないが、今後、規制緩和に伴って、需要家端に分散型の発電設備が導入されることが考えられる。例えば、最近、分散型の発電設備から系統側への電力のながれ（逆潮流）を許し、電力会社が買い取る制度が出来てきた⁷⁾。

分散型の発電設備としては様々なものが考えられる。太陽光発電は、経済性の面でまだ問題があるが、環境面から考えると導入が奨励されるべきであろう。また、発電時に発生する排熱も利用する熱併給発電（コージェネレーション）も、総合効率の高さという利点を持っている。

いずれにしても、小規模分散型の発電設備が多数導入されるような状況では、電力会社が全ての発電設備の運転を管理することは不可能であろう。電力会社の直接管理下でない電力という意味では、小規模分散型発電は通常の電力需要と同じである（負の需要と考えることができる）。

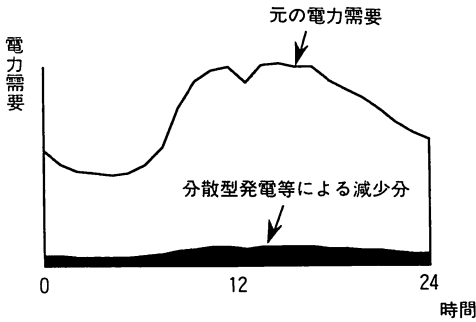


図-5 電力需要の変化

分散型発電設備が運転された場合の負荷曲線は、例えば図-5のようになる。分散型発電設備側とすればなるべく一定出力運転をした方が設備利用率の面から有利である。電力会社も含む全体的なエネルギー効率も上昇するかもしれない。

しかし、その場合には図のように電力会社が供給しなければならない部分の負荷率（平均負荷/ピーク負荷）が悪化し、電力会社の供給コストが上昇することも考えられる。その場合には一般の需要家（分散型発電設備を持たない需要家）が電気料金を余計に払わなければならない。

このような現象を防ぐためには、分散型発電の運転パターンを全体的なエネルギー効率改善に寄与し、しかも、一般需要家の不利益にならないようなものに誘導してやる必要がある。このような方策はデマンドサイド・マネジメントの一環としてなされるべきであろう。

6. おわりに

どちらといえば供給側の視点に立って、電力系統の

今後の問題点とそれに対してデマンドサイド・マネジメントが果たし得る役割について眺めてきた。

「供給義務」、「信頼性」といった従来からの評価基準のみで考えると、デマンドサイド・マネジメントに対する期待はまだ未知数である。様々なデマンドサイド・マネジメント方策がそれぞれどのような効果があるのかが明らかにされていないからである。デマンドサイド・マネジメント方策の「不確実性」に着目してしまうと積極的な導入は遅れがちになる傾向になるかもしれない。

しかし、今後、「環境へのインパクト」という評価基準は非常に重要になる。そのことを考えれば、環境への影響が少ないデマンドサイド・マネジメントは、もっと注目されてしかるべきである。電気事業者は環境にやさしい電力系統の構築に積極的に取り組むべきであろう。

参考文献

- 1) 鈴木 浩；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，113巻，3号（1993），213～220。
- 2) 資源エネルギー庁監修；資源エネルギー年鑑（1992），通産資料調査会。
- 3) 電力系統の長期展望検討会報告書（1992），資源エネルギー庁電力系統長期展望検討会。
- 4) 中村秋夫；都市の電力需要の伸びにどう応える，電気学会雑誌，113巻，6号（1993），345～348。
- 5) Dealing with Uncertainty in System Planning, Has Flexibility proven to be an adequate answer? (1992). CIGRE SC-37 WG-10 report.
- 6) 橋本栄二；電力のより広い利用を目指す新技術，電気学会雑誌，109巻，4号（1989），293～299。
- 7) 寺澤達也；新エネルギー等の余剰電力購入の詳細，OHM，79巻，7号（1992），104～107。

他団体ニュース

「第7回太陽光発電国際会議」参加案内

<期 日> 1993年11月22日（月）～26日（金）

<場 所> 名古屋国際会議場

（名古屋市熱田区熱田西町1-1

TEL 052-683-7711）

<併催行事> 1993年11月20日（土）～24日（水）

ソーラーエネルギー展

■問い合わせ先

〒466 名古屋市昭和区御器所町

名古屋工業大学電気情報工学科

教授 梅野 正義

TEL 052-732-2111 FAX 052-733-5697