

# 競争市場における需要側反応プログラムの役割

## —米国におけるピークロードマネジメントの現状—

浅野 浩志

### 1. 需要側反応プログラム

米国カリフォルニア州(加州)電力危機の根本的な原因の一つとして需要側の価格反応を取り入れた制度設計がなされていなかったことが挙げられる。いうまでもなく、卸市場と小売市場の価格を通したリンクが市場を競争的にするための基礎的条件である。その意味で同州では小売価格が凍結されており、小売市場が競争的ではなかった。加州のみならず、米国東部でも卸価格の大幅な上昇が起きており、需要反応を高める工夫が求められている。加州規制当局は価格高騰の再来を避けるため、実時間料金制(RTP)など需要側反応を積極的に取り入れた市場再設計の方針を明らかにしている。実時間メーター設置や節電キャンペーンなどの費用を織り込んだ法案が州議会で成立し、2001年夏季に206万kW、最終的に340万kWの最大電力抑制を目標としている。

RTPなど需要反応プログラムを導入する目的は、卸市場の価格高騰を抑え、負荷遮断を避けること、すなわち高信頼性供給を維持することである。RTPは1980年代初めMITの故Schweppe教授らによって理論が確立され、米国の複数の電力会社で主に少数の大口需要家を対象に試験的に適用された。したがって、RTPそのものは小売自由化を必要条件とはせず、ジョージア電力など規制下でも導入され、効果を挙げている事例もある。RTPの先駆者であるPG&Eは1980年代に試験料金を適用し、その後本格的な料金メニューとして採用した。

しかし、価格変動リスクを嫌う需要家へのプログラム浸透が難しく、実質的な割引料金であった遮断可能契約の方がポピュラーになった。加州電力危機の中、加州の電力会社は年間発動回数を使い切ってしまう、もはや需要調整に効力のない、需要家に不人気の遮断可能料金に代わって、需要家自身が需要調整を自主的に判断できるRTPが再注目されるようになった。

このRTPのみならず、従来の遮断可能料金のように電力会社主導から需要家が市場価格で需給調整を判断するピークロードマネジメント(需要側反応プログラムとも呼ばれる)が米国で注目され、導入されつつある。このニーズの一つは、安価な供給力を確保できない加州政府が公的な需要削減方策を州法を背景に実施するためである。また、米国では、仮に発電所が建設されても、送電制約によって供給力が増えない可能性が高い。需要側で需要調整する方が経済的な場合がある。

需要側反応プログラムは次の3種類に分けられる。

- 1) 需要側入札：卸市場で需要家が負荷削減を入札する。需要家各自の停電コストの違いに応じて、負荷削減量と行使価格は分布する。系統運用者は経済負荷配分の考え方に準じて供給側技術と比較して負荷遮断の応札量を決める。
- 2) 買取契約あるいは遮断実績支払い契約：基準負荷に比べて削減した実績に対して市場価格に連動して供給事業者が削減負荷を買い取る(相対契約)。

- 3) 実時間料金制：需給逼迫時のみではなく常時適用される。

このうち、1)、2) は事後に削減された電力および電力量が確定する。ここで肝心の負荷削減は実測できないため、何等かの方法で推定する必要がある。削減負荷のベースラインとなる基準負荷の決め方には以下の考え方がある。

- 1) 同一タイプの日（高温夏季平日など）の実績負荷
- 2) 遮断不要な直近何日（10日、2週間）の平均負荷
- 3) 直近数時間の平均負荷
- 4) 計量経済学的な需要モデルに基づく予測契約に際して供給者と需要家の間でゲーミングを避けるような設定方法が望ましい。

ピークロードマネジメントは、エネルギーリスクマネジメントの一つのツールと解釈できる。伝統的な遮断可能料金は、電力会社が負の発電所を建設する権利を得るという意味で（必ず遮断しなければならない義務ではない）、オプションの売り手であり、大口需要家が買い手である。一方、このとき需要家は、電力会社から行使されれば、負荷遮断する義務を負う。遮断できなければペナルティを支払う。一方、ピークロードマネジメントは、需要家が必ずしも遮断する義務を負わず、遮断する権利をオプションとして電力会社から買う。

ピークロードマネジメントが成功するには、需要家にとっての適切な料金インセンティブ、需要家特性毎に選択可能な負荷遮断形態、ペナルティを避ける自由度などの需要家にとっての柔軟性、通告時間の長さ、供給側にとっての長期的なコスト節減、通信制御技術の整備が不可欠である。

ここでは、2001年6月にスタンフォード大学で開催された同大エネルギーモデリングフォーラム主催のワークショップ「競争的電力市場における需要側反応プログラム」における議論

を中心に、米国におけるピークロードマネジメントプログラムの現状を紹介する。

## 2. 米国におけるピークロードマネジメントプログラム

### 2.1 ジョージア電力の実時間料金制 (RTP)

RTPの成功例とされるジョージア電力のRTPプログラムは年間10億ドルの料金収入に達する米国最大規模のプログラムで、約1600件の大口需要家（85%が産業用）が参加しており、合計約500万kWのピーク抑制効果を挙げている。前年負荷をベースライン（基準負荷曲線）とする。差分負荷のみにRTP適用するため、料金支払いの変動が小さく、需要家に受け入れやすい。

RTPによる需要調整効果は、統合資源計画に基づく供給計画を州規制委員会に申請する際の資源と見なされる。すなわち、ピーク電源に代替する持続的なピーク抑制効果が認められている。

プログラムメニューとして、前日通告（DA）と1時間前通告（HA）の2種類があり、価格弾力的な大口需要家35口（エネルギー多消費産業）はHAを選択している。以下のように、高価格になるほど、価格弾力性は上昇する。

価格(\$/kWh)	価格弾力性
0.25	-0.15
0.5	-0.17
1	-0.19

契約需要家の対応は、産業用需要家では操業の停止および移行、予備電源の活用、事務所ビルではエネルギー管理システム、ハイテク企業では蓄熱式空調が代表的である。したがって、通常は-0.05程度である価格弾力性が-0.15を越える。

料金設計は基本的に発電および送電の限界費用にリスク項を上乗せする形をとる。1992年から導入しているため、卸のスポット価格に依存する形ではない。需要家が負担するリスクが大きくなるほど、すなわち通告時間が短いほど、期待電力価格は安くなるようにメニューを設計している。したがって、需要家はリスク管理のツールとして RTP を選択できる上に、差額契約 (CFD) やキャップ (上限価格付き)、カラー (上下限価格付き) などの追加的なリスク管理のデリバティブも提供され、需要家は実効的な平均価格の低下を図ることができる。

## 2.2 オレゴン州のエネルギー取引プログラム

オレゴン州内の3電力会社、ポートランド・ジェネラル・エレクトリック (PGE)、パシフィックコープ (PacifiCorp)、アイダホ・パワー (Idaho Power) はエネルギー取引プログラム (Energy Exchange Program) と呼ばれる自主的な負荷削減プログラムを実施している。3社とも1時間負荷を削減する毎時プログラムと、パシフィックコープとアイダホ・パワーの2社が年間の灌漑用負荷を調整する長期プログラムをもつ。毎時プログラムは前日に負荷削減が通告され、卸価格の約半額で削減負荷を買い取る。負荷削減に対する買取単価が卸価格に連動している点が従来の固定的な負荷遮断料金と異なる。基準負荷は直近2週間の平均とする。参加要件は電力会社により若干異なるが、250kW~1MWの電力削減可能な産業・業務用需要家である。PGEの需要買い戻しプログラムには、23口が参加し、最大178MW削減可能である (同社の最大負荷は約3000万kW)。これまで122日発動され、1.2億kWh削減された。PGEは2000万ドル以上のコストを削減し、1700万ドルが需要家に支払われた。したがって、買取単価は約14セント/kWhとピーク価格帯のレンジに近い。

長期プログラムの買取単価は需要のピーク時と灌漑負荷が重なる夏季で固定され、12.5~15セント/kWhである。基準負荷は過去5年間の負荷に基づく。3社の1時間プログラムで37万kW以上、農業用長期プログラムで2.4万kWのピーク削減効果をもつ。

規制当局は負荷削減策として費用効果的なプログラムと評価し、今後プログラムをより小規模の需要家に拡大する予定である。この種の自主的負荷削減プログラムは RTP 導入への準備段階とみなされる。

## 2.3 シナジー社のパワシェア

中西部の電力会社であるシナジー社のパワシェアと呼ばれるピークロードマネジメントプログラムは、RTPと遮断可能契約をハイブリッドにした考え方に基づき、市場価格連動 (市場価格の半額で払戻す) で負荷遮断し、通告時間や遮断契約の行使価格の違いなど需要家のリスク選択に応じて多様なプログラム構造を用意している点が特徴である。前日あるいは当日朝の通告で500kW以上の負荷削減可能であることが加入要件であるため、大口需要家に限られ、312件 (1999年) が契約している。合計20万kWのピーク削減効果を挙げている。コールオプションと呼ばれるプログラムメニューでは、毎月一定額の割引の上に遮断実績に応じたクレジットを受け取る代わりに、価格高騰時に需要家は負荷削減するか、市場価格で基準負荷を越えた部分の電力量を購入する義務がある。一方、市場気配値 (quote) オプションでは、定額割引がない代わりに、遮断できない場合のペナルティを負担しないため、パワシェア加入の82%の需要家を選択している。一般の遮断契約は電力会社を買っているコールオプション、一方、パワシェアは需要家が行使価格を選択できるオプションと解釈できる。

### 3. 加州における RTP 導入の潜在的効果

EPRI では、同所が保有する負荷形状および RTP の価格弾力性に関するデータベースを用いて、RTP による負荷移行効果を推定している。卸市場価格、需要家の負荷曲線変化、参加率、価格弾力性等の前提条件を変えて、最大需要やピーク価格の変化、コスト削減効果などを試算している。ジョージア電力、デューク電力、GPU エナジー等の RTP 反応データから価格弾力性を推定している。典型的な価格弾力性は $-0.05 \sim -0.3$ で、通告時間が早いほど、あるいは電力多消費型産業、自家発、ポンプ負荷、エネルギー管理システムをもつ需要家は弾力的である。ただし、価格弾力性は同一業種内での企業間での分散が大きい。

需要の反応は1日の間で、1時間毎の価格変化率に対する負荷移行率で表す（柔軟性パラメータ：ピーク時需要とオフピーク時需要の代替弾力性に類似）。大口産業・業務用需要が加州全負荷の50%を、さらに中規模需要家まで含めると、75%をカバーすると仮定している。これら有資格需要家の参加率を25%、50%、100%（強制参加）と設定している。なお、ジョージア電力の RTP 参加率は20~25%程度である。CES 型需要関数を用い、柔軟性パラメータは0.053、0.135、0.25の3段階を仮定している。柔軟性パラメータが0.053のときは半数の需要家が価格反動的、0.25のときは全需要家が蓄熱、リスケジューリング（操業の移行）、自家発等の技術により柔軟に反応できることを想定している。大口需要家のみ RTP が適用され、RTP 価格が\$0.75/kWhのときの効果を以下に示す。

低弾力性ケース(柔軟性パラメータ 0.053)

参加率	低	中	高
-----	---	---	---

需要削減率(%)	0.5	0.9	1.8
価格削減率(%)	3.2	6.4	12.6
コスト削減(100万\$)	1.0	2.0	4.0

中弾力性ケース(柔軟性パラメータを0.135)

参加率	低	中	高
需要削減率(%)	1.2	2.3	4.6
価格削減率(%)	8.0	15.7	29.9
コスト削減(100万\$)	2.5	4.9	9.4

高弾力性ケース(柔軟性パラメータを0.25)

参加率	低	中	高
需要削減率(%)	2.1	4.1	8.2
価格削減率(%)	14.0	26.9	49.6
コスト削減(100万\$)	4.4	8.5	15.6

高価格帯で需要曲線が少しでも傾斜をもてば（これまでの需要曲線は垂直に近い）、価格は大幅に低下することがわかる。RTP 価格として2000年5~8月のPX 価格変動を模擬したとき、最も控え目な参加率（25%）と弾力性で最大電力を1.3%、コストを1.1%削減し、強制参加で極めて弾力的なケースでは最大電力を18.5%、コストを15.3%削減する可能性があるとしている。このように需要の価格弾力性と参加率が RTP の効果を大きく左右する。

### 4. RTP 導入の課題

RTP が経済理論的に望ましいことはわかっているが、未だ本格的に普及していないのはメータリングコストの負担、価格変動リスクの受容性、選択可能な需要家とそうでない需要家との公平性についての議論が背景にある。例えば、RTP の参加形態については、季時別料金同様ある一定規模以上の大口需要家には強制的とするか選択制にするかとい議論がある。これに対して、RTP を望まない需要家は固定価格で変動

リスクをヘッジできるように配慮し、強制でなく、デフォルトサービスとするアイデアがある。一方、選択制ではピーク負荷の大きい低負荷率需要家が参加しないため、ピーク価格抑制効果が減少する。スタンフォード大学 Wolak 教授（加州監視委員会委員長）のように加州の危機的状况を解決するために、大口需要家への速やかな RTP メーター設置を主張している学者もいる。米国の経験は今後の市場設計あるいは新しい顧客サービスとして参考になる点が多い。

### 【参考文献】

- [1] 山口雅弘：加州における負荷遮断プログラムと輪番停電の現状と課題（米国）、海外電力、2001年6月号
- [2] Peak Load Management Programs for Large Commercial Customers, E Source, LC-9, April 2001

（あさの ひろし  
電力中央研究所 経済社会研究所）