

# 需要家における電力の品質と価格の選択に関する分析

キーワード：品質，価格，市場性，選好分析，ロジットモデル，内部化，外部化，高品質電力

藤井美文 小野島智子  
松川 勇

## 〔要旨〕

本研究では、従来一律な品質と価格を持った単一製品 (Single Product) だと考えられてきた電力サービスを、異なる品質と価格を持った複合製品 (Multi-Product) として捉え、品質別サービスに対する需要家の選択行動を分析することを試みる。

需要家 (業務用及び産業用) の電力利用の特性を調査した第1次結果からは、電力の品質に対する要求水準は利用機器の特性によって決定され、特に情報通信・制御関連機器は他の機器とは際だって品質水準の高い電力が要求されているとともに、これらの機器を利用している事業所においては系統電力の品質よりはるかに高い水準を維持するための設備をその要求水準に応じて内部化していることが示された。

以上から第2次調査においては、大型コンピューターを設置するなどの高品質電力需要家を対象として、現状においてこれら需要家が内部化した電源バックアップ設備から得ている品質 (停電と瞬低の確率) とコスト (最終的な電力料金と電源バックアップにかかる内部化コスト) の関係から、電力の品質と価格に対するデータを得、これをもとに需要家の品質と価格に関する行動の計量分析を試みた。この結果、

- ① CVCF や自家発などの設備を保有している需要家の最終の電力コストは kWh あたり約 36 円となること
- ② 高品質電力を必要とする需要家は、その電力を選択するにあたってコストよりも品質 (供給信頼度及び瞬時電圧低下回数) を優先している。選択に際しての品質とコストの関係は業種間で大きな差異が見られ、特に金融業などでは現状で需要家が得ている品質を越える電力を保証する技術システムが確保できるなら、コストが大きくても他の業種に比べより高い確率で高品質設備を選択すること
- ③ 需要家の、電力変換に要するコストに対する反応は、そのコストが内部化コスト (需要家が投資した電源関連設備やその運転維持にかかるコスト) であるか、外部化コスト (電力料金) であるのかによって異なること

などが示された。

1. 目的と背景
2. 電力の品質と価格に関する従来研究
  - 2.1 停電の費用
  - 2.2 品質別サービスの料金理論
3. 電力利用の多用化実態
4. 需要家における高品質電力の選択行動分析
  - 4.1 分析の枠組み
  - 4.2 高品質電力需要構造のモデル化と需要家の内部コスト推計
  - 4.3 品質と価格の選択行動分析
5. 結論と今後の課題

## 1. 目的と背景

わが国の電力品質に係る法規制は、主として設備基準によって定められており、最終のサービスに関する基準は、僅かに電気事業法第26条、施行規則第25条に定められた100Vおよび200Vの電圧、および周波数に関する記述にとどまっている。停電回数や停電時間に関しても特別の規定はなく、電気事業はこの供給信頼度の向上に最大の優先順位を置いてきたと言える。しかし電気事業の供給している現行のサービス品質はすでにこの水準を大幅に超過達成しており、電力ユーザーや行政からの要請も無視できないものの、実質上品質水準の設定は電気事業の自主的な判断に基づくといっても過言ではない。

標準電圧	維持すべき値
100 V	101 V の上下 6 V を越えない値
200 V	202 V の上下 20 V を越えない値

(出典 電気事業法)

既に世界的な水準にあるわが国の電力品質も、近年停電回数に見る限り飽和傾向にあり、電力品質向上に係る限界費用は大幅に増大しており、革新的な電力供給技術の出現がなければ今後ともこの限界費用はますます高くなるものと考えられる。

またエネルギー間競争において従来価格面での競争が弱いとされてきた電力も、近年はガスや石油利用の自家発、コジェネレーションとの競争が激しく、電力価格の上昇が需要の縮小均衡に結びつく状況となってきている。このため、エネルギー間競争下での一律な品質向上は電気事業経営に取って必ずしも得策とはいえない。

そこで本研究では、電力サービス品質を一律に向上させるのではなく、品質特別に異なっ

た価格を持ったサービスを考える。現状においてこの様なサービスを供給するにはいくつかの制約が存在するが、近年の電気事業経営には品質と価格の問題を検討させる環境条件の変化が生じてきている。

まず需要家における電気利用形態の多様化が挙げられる。コンピュータやそのネットワーク化による情報通信機器や制御機器利用の拡大は、都市部を中心に電力の最終利用品質に対して飛躍的な水準の向上を要求するに至っている。ここでは供給信頼度の一層の向上に加えて瞬時電圧低下や高調波問題などの新しい課題も出現してきている。一方、照明や加熱などの用途では品質よりもむしろ価格の方が優先されるものと考えられ、電気利用の多様化は品質と価格の異なる組合せサービスの潜在需要に結びついているものと考えられる。

第2に、既に価格と品質の組合せサービスが導入され、またこれが進展していく条件が供給側にも存在する点である。需給の逼迫時に電力の供給を停止するなどの需給調整契約が現行において導入されており、今後一部導入の開始された季別料金をはじめ、この発展としてのスポット料金制の採用が進めば、米国において人気の高いとされる遮断サービス (Interruptible Service) など、今後一層多様な品質と価格の異なるサービスの実現が考えられる。更に、先述のコジェネや自家発の伸張は、現に価格と品質の異なる競争サービスの出現ともいえ、供給側においてもサービスの差別化を図る条件が整いつつあるといえる。

そこで、本研究では、需要側における品質と価格に対する反応を、需要家の意識および実際の選択行動を通じて分析することを目的とする。

## 2. 電力の品質と価格に関する従来研究

これまでも電力の品質と価格（またはコスト）に関する研究は数多く行われてきたが、これらは次の2つに大別されよう。

### 2.1 停電の費用

まず第1は、特に石油危機以降の電力供給の不確実性を背景にした電力の供給信頼度に関する研究である。その代表的なものは、需要側での停電の増大に伴う社会的費用の増加と、供給側での供給信頼度向上にともなう対処費用の増大、というトレードオフをもとに、その両者（生産者余剰と消費者の余剰）の総和を最大化することによって社会厚生的に見て最も好ましい最適電力品質（停電の頻度）水準を算定しようとする試みである。このアプローチは既に1960年代後半から実証研究のなされたスウェーデンをはじめ、第1次石油危機後は米国や欧州各国、日本などで数多くの分析が行われてきた。わが国においても西野等<sup>[1][2]</sup>の国民経済的及びミクロ的な視点からの停電コスト評価例などが挙げられる。また電源計画策定に際して、単に供給コストの最小化だけではなく、需要予測の不確実性が供給力不足に結び付きこれが停電を通じて社会的なコスト（電力側からみれば損失）を増大させるというパスをも考慮にいった Over/Under Model 山地<sup>[3]</sup>などの例が挙げられる。

これらの研究からは、停電の社会的費用は産業、業務、家庭といった需要家毎に大きな差異が見られるとともに、停電時間の長さとともにそのダメージコストは増大する、などの結論が得られている。この停電のコストの推計方法に関して1983年に開かれたセミナー報告<sup>[4]</sup>によ

れば、米国における20分間の平均停電コストは、家庭部門ではわずか0.04ドル（1980年価格）/kWhなのに対し、大口の産業用では2.46ドル/kWh、オフィスビルにおいては6.73ドル/kWhと大きく、また需要家に停電によるダメージコスト削減をもたらすのに必要な事前警告時間も2～3分から19.5時間まで、きわめて広範であることが示されている。また非常用自家発の導入による停電コストの軽減効果をも考慮にいったTVAでの調査では、自家発導入のコストとダメージコストの総和（需要家の最小にできる平均コスト）は、年に1回の3時間停電と年に10回の1時間停電とではほぼ同じであり、停電からの回復時間によってコストが大きく異なることも示されている<sup>[5]</sup>。

しかし、これらのアプローチでは「健康被害、社会的不安、エネルギーセキュリティーといった要因をダメージコストにどの様に含むか」<sup>[5]</sup>というように、コスト評価が難しく、またこれらの分析では現在見られるようなエネルギー間の競争が前提となっていないなどの問題があるといえよう。

最近では、供給制約への対応というよりもむしろ季時別料金などの革新的な料金制に対する需要家の反応に焦点が当てられた研究が主流であり、方法も従来の停電のコスト分析では十分に考慮にいれられていなかった品質と価格のトレードオフ関係を明示的にいった方法が用いられている。すなわち、先に見てきたように停電コストは、需要家やその回復時間によって大きな相違があり、またバックアップ電源などの比較的小さな追加投資によって削減できるといったように多様であるため、むしろ需要家毎に品質（停電時間）と価格（料金）のセットを示して需要家の選好あるいは選択を導くという方法

である。エンパイア・ステート電力エネルギーリサーチ社やパンフィク・ガス・アンド・エレクトリック社の供給信頼度と価格 (Willingness to Pay) に関する選好モデル分析<sup>[6]</sup>はこの代表例といえよう。

## 2.2 品質別サービスの料金理論

第2は、季時別料金の発展型であるスポット料金およびそれに関連した品質別サービスの料金理論に関する研究である。既に米国においては、電力市場の規制緩和の進展や双方向通信を利用したテレコントロール、テレメータリング技術の進歩のもとで、スポット料金への移行が考えられている。このような短期契約に対して長期でかつ料金のより固定された新しいサービス市場の登場が考えられる。EPRI では、この契約を需要家毎の品質（電源設備容量の不足によって生じる停電のみを考慮）の差別化に求め、この新しいサービスを Priority Service,あるいは Interruptible Service と呼び、1986年以来料金設定及びその電気事業の費用構造への影響の検討を始めている<sup>[7][8]</sup>。このサービスは次の3点で特徴づけられる。

- ① 製品差別化 (Product Differentiation)
- ② 効率的数量割当制 (Efficient Rationing)
- ③ 現物及び先物市場化 (Spot and Futures Markets)

ここでは電力サービスが複数の品質と価格を持った Multi-Products として捉えられ、供給信頼度などのランクに応じた契約料金を設定して需要家の選択の幅を広げ（製品差別化）るとともに、供給力の不足時の電力をこの契約に応じた優先順位で配分（効率的数量割当）し、短期契約のスポット料金制に対しこれを補完する長期契約サービス（先物市場化）として位置づけられている。

以上のように EPRI の品質別サービスにおいては、革新的料金制への移行時においてこれを補完する料金理論体系が主要なテーマになっている。

## 3. 電力利用の多様化実態

さて、わが国では上記の停電コストを除いて電力品質の研究はその後行われておらず、また需要家側からみた電力品質に関する体系的な資料は皆無と言える。そこで電力利用の多様化実態と需要家の電力品質に対する意識の実態を把握するために、第1次の調査を実施した。調査は産業及び業務用の“電力”需要家約2,000件を対象（回収240件、回収率12%）に、電力利用機器や電力の品質確保のためのバックアップ設備の保有実態、現行サービスの価格と品質に対する意識などに関して行われた。調査結果からは以下の3点が明らかになった。

### 1) 価格対品質の優先度

まず電気サービスを構成する要因を価格、信頼性（停電頻度や回復時間）、狭義の「品質」（瞬時電圧低下や周波数・電圧変動）に分けて、いずれが最も重要かを尋ねた。その結果、価格はもっとも優先順位が高いものの、電気の利用形態（電気利用機器）によって要因間の重要度には大きな差異が見られる。特に、情報通信や制御用の電力では、現行サービスに対して更に高品質で高信頼なサービスが求められており、他の利用形態と大きな差異をなしている（表1参照）。

上記の結果を、今価格対品質（供給信頼度および狭義の「品質」の総計）とのトレードオフとして捉え、各利用機器別の電力消費量との関係を示したのが図1である。この関係からは照明や冷暖房等の用途では現行の価格—品質の組

表 1 利用機器別の「重視する電気サービス要因」 (単位%)

利用機器 (中分類)	要 因	価 格	信 頼 性	「品 質」
1. 冷暖房, 冷凍 内 冷 凍	[ 6.9]*	59.6 (48.7)	36.8 (46.2)	3.6 ( 5.1)
2. 電 動 機	[ 52.2]	49.0	40.4	10.2
3. 情報・通信・制御	[ 4.7]	15.4	34.6	50.0
4. 照 明	[ 6.4]	65.1	31.7	3.2
5. 電 熱 内 アーク電熱, 溶接	[ 17.7]	48.5 (61.1)	33.8 (38.9)	17.6 ( 0 )
6. 電解, 静電応用等	[ 12.1]	50.0	37.5	12.5
7. 電源機器ほか	[ -]	15.4	84.6	0
8. 合 計	[100.0]	50.8	38.8	10.4

\* [ ] 内は今回アンケート回答者の電力使用量のウェイト (%)

合せよりも価格が重要視され、逆に情報通信機器は価格よりも品質が重視されているという点においては新しいサービスへの可能性を示しているが、いずれも市場規模 (電力消費量) がそれほど大きくなく、逆に市場規模の大きい電動機や電熱・電解などでは現状の価格一品質から乖離した水準が要求されていないことが読み取れる。

2) 価格要因とコストシェア

一般に事業所当りの電力コストシェアが高いほど「価格要因」を重視するという関係が見られ、電力サービス品質の重要度はコストシェア

に影響される。この結果、一般に業務用などの特別高圧等に比べて kWh 当り高い価格で契約している需要家は、電力コストが低いため、むしろ品質要因を重視する傾向にある (表 2)。

表 2 電力コストシェアと重視する電力要因 (回答比率%)

コストシェア	価 格	品 質	重視する電力要因	
			信 頼 性	「品 質」
~ 2%	55	45	36	9
2~ 5%	60	39	30	9
5~10%	62	38	22	16
10~20%	37	63	51	12
20%~	77	23	23	0
平 均	56	44	33	11

市場規模大 (電力使用量比率)

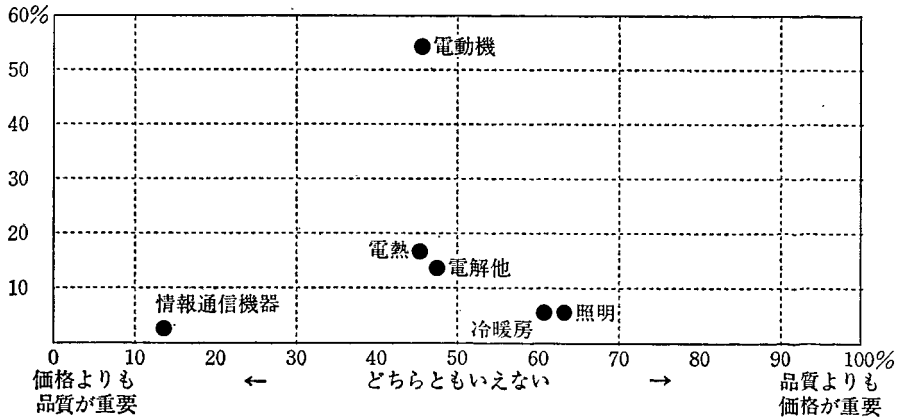


図 1 電力利用技術別に見た価格一品質の特性とその需要家規模の関係

### 3) 需要家側での品質確保への対応と意識

現状においては停電および瞬時停電への対応は、需要家が必要に応じて対応策を講じており、いわばサービスを内部化しているといえる。その手段は大きく、①バックアップ（自家発予備）電源の保有、② CVCF 装置の設置、③予備回線（乙、丙）契約の実施に分けられる。

いまこれらの手段の組合せによって需要家を次の6段階に分け、ランク毎の電力品質の要因別重視度の特性を示す。

表3に示すように、回答のあった需要家の60%はCVCF、予備回線、バックアップ電源のいずれをも有しておらず、信頼性や品質への対応をしていない。CVCFの設置は全体で36件（15%）となっている。

このランク別分析からは、以下の点が指摘できる。

- (1) 需要家の対応ランクによらず「事故停電回数」は最も重要視されている要因であ

需要家における電力の品質と価格の選択に関する分析

り、次いで「回復時間」、「瞬時電圧低下」の順になっている。「電圧異常」や「周波数異常」の優先順位は低い。

- (2) 自家発予備電源のみまたは無対応といった対応度の低い需要家は、「作業停電」（計画停電）に対しても高い重要度を与えている。
- (3) 「回復時間」への重要度は3重の対策を実施しない限り低下しない。
- (4) 「瞬低」は、CVCFの設置や予備契約をしているところでも依然として問題であると考えられており、対応をしていない需要家においても半数近くは問題であるとしている。
- (5) 全体的に、現状での対応が高度な需要家ほど更に高品質なサービスを求めている。

表3 信頼性・品質確保の対応ランク別特性

対応 ランク	事業所数 (%)	ランクの区分			“重要”とする回答比率(%)					
		予備 電源	CVCF	予備 契約	事 故 停 電 回 数	作 業 停 電 回 数	回 復 時 間	瞬 時 電 圧 低 下 回 数	周 波 数 異 常 回 数	電 圧 異 常 回 数
ランク1	11( 4.6)	◎	◎	◎	91	18	55	73	18	46
ランク2	18( 7.5)	○	◎	○	100	22	89	67	6	17
ランク3	7( 2.9)		◎		100	14	100	86	—	—
ランク4	28( 11.7)	○		◎	96	18	71	82	4	29
ランク5	32( 13.3)	◎			94	48	84	42	7	26
ランク6	154( 60.0)				94	49	76	45	5	23
合計	240(100.0)				94	40	77	54	5	23

◎必ず保有 ○何れかを保有 ■は70%以上

#### 4. 需要家における高品質電力の選択行動分析

3章の第1次調査結果からは、①情報通信機器は他の利用技術に比べて格段に高い電力品質を要求し、その水準は系統により供給可能な品質水準を越えていること、②総 kWh ベースではこれらの需要は小さいものの、コンピュータなどの設置需要家は更に品質の高いサービスを求めている、ことが示され、需要家側において停電や瞬時電圧低下のほとんど起こらない高品質な電力に対する関心が高いことがわかる。

これらの電力品質の向上に関しては、電気事業のみでの対応には限界があり、実現性も薄いことから「現状以上の電力供給の質を必要とする電気利用機器は、機器全体での対応力付加または利用場所での対応設備の設置が望まれる」<sup>9)</sup>との合意がなされている。

しかし、エネルギー間競争を前提として一律に電力の高品質化を図ることは電気事業にとって得策ではないものの、品質に応じた価格を持ったサービスの提供が可能であれば需要家はこのサービスに対しどのような反応を行うと予想されるのか、また例えこの様なサービスの展開が困難であっても、系統側での品質の変化に対して需要家がどのような対応をするか、といった需要家における電力品質と価格（あるいはコスト）に対する選択行動の把握は興味あるテーマである。

以上から本章では、高品質電力の需要家を対象に第2次調査を行い、このデータをもとに電力の品質と価格に対する需要家行動分析を試みる。

##### 4.1 分析の枠組み

従来この種の試みにおいては、コストに関す

るデータを得にくいという制約もあって、第1次調査で示したような、需要家に品質と価格の対を提示してこれに対する選択を求めるという意識調査を主体とした分析が中心であった。しかし、電力品質とこれに対するコスト（この場合には Willingness-to-Pay）の選択は、電力の選択に関する意思決定が必ずしも一元的ではないため選択結果にバイアスがかかるなどの問題が多い<sup>10)</sup>。

そこで本研究では、実際に需要家が購入している電力の契約内容と電力変換のために自ら設置（内部化）している設備機器の内容を調べ、これに要しているコストとこれによって得ている最終的な電力品質との組合せ、すなわち需要家が内部化している高品質サービスの品質と価格の関係を事後的に評価することによって、需要家行動を把握することを試みる。

##### 4.2 高品質電力需要構造と需要家の品質コスト推計

この第2次調査は、大型コンピュータ設置需要家および通信事業者、病院などの2,200事業所（ただし工場は含まない）を対象にして実施され、需要家における電気の高品質とコストに影響する以下の①～⑥に示す質問項目が設定された。また、電力変換に関する設備は図2に示すようなモデル化がおこなわれた。

- ① 電力契約種別、契約 kW、年間使用量、利用機器
- ② 受電形態（受電電圧、受電方式〔スポットネットワーク、専用線などの区分やその架空/地中等の組合せ〕）
- ③ 受変電設備（受変電および2次母線の形式とそれらの冗長度）
- ④ 自家発電設備の有無とその運用形態（冗長並列運転をしているか否か）

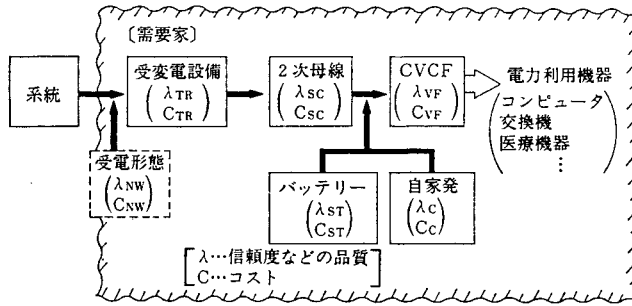


図 2 需要家における高品質電力設備のモデル

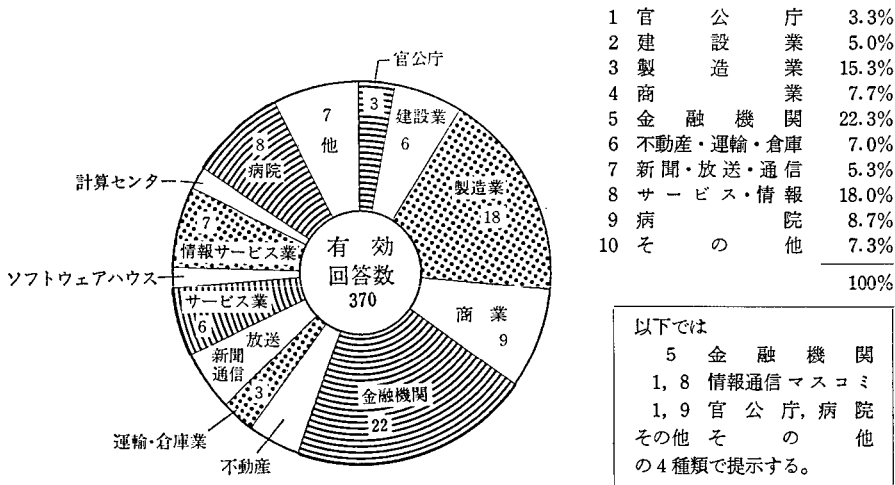


図 3 回答事業所の業種

- ⑤ CVCF/UPS 機器の有無とその運用形態
- ⑥ 需要家の内部化した電力変換設備の運転維持費（維持要員数）

調査の結果、回収率は約 20% で、有効回答（有効回収率 17%）の業種別内訳は図 3 に示す通りである。

アンケートに回答のあった大型コンピュータ保有の需要家は、表 4 に見るように供給信頼度など電力品質の確保のために多くの設備投資をしていることが伺える。

まず、ビル全体の受変電設備や 2 次側の母線においても停電や事故は勿論のこと改築時や電源設備の更新時にもバックアップを保障すべ

く、約 60~70% が 2 バンク化や母線の多重化を行っていることがわかる。

次に停電や瞬時電圧低下などへの対応として、需要家の約 6 割が自家発電設備を、約 4 割が UPS/CVCF 装置を保有しているとともに、自家発では保有者のうちの 35% が並列運転やバイパス運転方式を採用し、CVCF 装置においても 64% が冗長並列運転などの多重化対応を行っていることが示されている。

中でも“信用は金では買えない”とされる金融機関は、これらの電力品質の確保への対応においても際立っており、CVCF 保有率は実に 80% に達するなど極めて多額な投資が電源関



表 4 高品質電力需要家の設備と事故経験

業種(件数)	設備	変圧器		2次母線		自家発		CVCF		機器の多重化比率			電源の事故経験 (機器保有者のうち)	
		1バンク以上の比率	単一母線以上の比率	保有率	バックアップあり	保有率	冗長あり	コンピュータ	周辺機器	通信機器	自家発(大事故あり)	CVCF(1年以内)		
1. 金融機関 (76)		76%	66%	83%	(55%)	76%	(63%)	62%	68%	56%	15% (0%)	18% (2%)		
2. 情報通信マスコミ (57)		59%	49%	49%	(29%)	48%	(69%)	43%	43%	36%	8% (4%)	18% (4%)		
3. 官公庁, 病院 (43)		69%	60%	68%	(12%)	35%	(53%)	13%	12%	20%	26% (0%)	29% (14%)		
4. その他 (194)		68%	52%	47%	(32%)	20%	(44%)	18%	18%	27%	5% (0%)	22% (8%)		
5. 合計 (370)		69%	56%	57%	(35%)	38%	(63%)	30%	31%	33%	9% (0.5%)	20% (5%)		

連機器システムに向けられていることがわかる。

更に電力利用機器の多重化や多ルート化も、コンピュータやディスクなどその周辺装置および通信機器について、いずれも平均して3割程度行われている。

また、系統側からの電力供給支障に対する非常用設備として自家発や CVCF 装置を備えていたとしても、事故や故障により止まるケースがあることが読みとれる。自家発では「2～3年の間に」定期定検時などの小さな故障ありと答えた需要家が平均9%もあり、停電中に作動しないなどの大きな事故も0.5%であった。また、CVCF故障などによって瞬時電圧低下が認知された需要家も20%に達し、「ここ1年

以内」でも5%と比較的高い水準にある結果となった。

これらの設備保有およびその運用形態と、運転保守要員数から推計された需要家の最終的な(End-Use)電力の品質とコストは表5及び図4のように示される。

まずサンプル全体の最終的なコストは約32円/kWh、自家発、CVCF双方の保有需要家では約36円/kWhとなった。内訳では、電力料金(20円/kWh強)が約5～6割を占め、ついで自家発・CVCF運転維持費が比較的大きな比率を占めることがわかる。またこれらのバックアップ設備の償却費は双方保有の場合約10円程度となる。

停電頻度、瞬低頻度に見る品質は、全サンプ

表 5 高品質電力需要家の最終的な品質とコスト

		サンプル全平均 (N=124)	自家発, CVCF 双方保有需要家 (N=49)
コ ス ト (円/kWh)	電気料金	20.934	20.311
	受変電設備1次	0.8181	0.72092
	"    2次	3.24667	2.81100
	専用線等工事負担金	0.0108	0.01647
	自家発設備償却費	1.54285	3.26514
	CVCF設備償却費	0.97565	2.09831
	自家発/CVCF運転維持費 合計	4.80623 32.3343	6.45682 35.74966
品 質	停電頻度(回/年)注1	0.192	0.1076
	瞬低頻度(回/年)注2	5.481	0.1085

注1 低圧需要家の全国平均の停電頻度は0.37回/年(昭和61年度)

注2 瞬低回数平均値は約12回/年とされる。

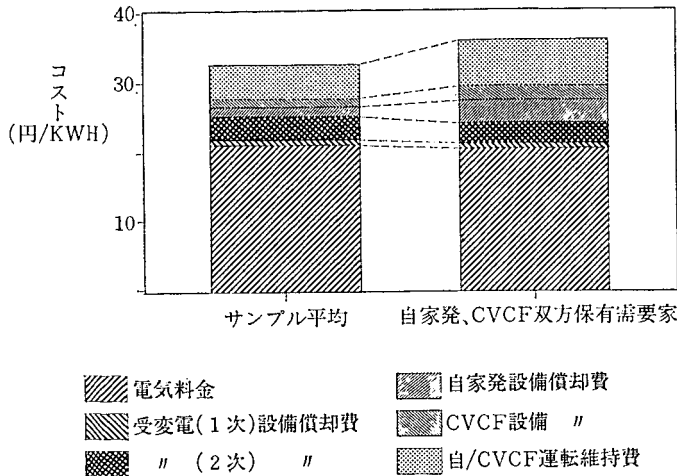


図 4 高品質電力需要家の最終的なコスト内訳

ルでそれぞれ 0.19 回/年, 5.48 回/年となり, 対応しない場合の 0.39 回/年 (停電), 12 回/年 (瞬低) の半分以下であることがわかる。

### 4.3 品質と価格の選択行動モデル分析

#### 4.3.1 モデル<sup>[15][16]</sup>

次に, 以上の需要家におけるコストと品質の関係をもとに, 高品質設備選択のモデル化を試みる。

今, 代表的企業の利潤関数  $\Pi$  を次のように考える。

$$\Pi^h = p^h F^h(K, L, kwh, Q(Kq)) - C^h(K, L, kwh, Kq) \quad (1)$$

- $p^h$ ……企業  $h$  の生産物価格
- $F^h$ ……企業  $h$  の生産関数
- $C^h$ ……企業  $h$  の費用関数
- $K$ ……資本ストック
- $L$ ……労働力
- $kwh$ ……使用電力量
- $Kq$ ……電源設備
- $Q$ …… $Kq$  によって得られる電力品質

代表的企業  $h$  は, ある電源設備  $Kq$  を導入することによって, 停電や瞬低の確率で表される電力品質を得る。この電力品質が高いほど, 企

業  $h$  の生産量が増加し, 他の生産要素の生産性が高められることで収益は増大するが, 一方, 高品質電力設備の導入は費用を増加させる。企業  $h$  が合理的に行動するならば, (1) 式の利潤  $\Pi^h$  を最大にするような設備  $Kq^*$  を選択しているはずである。

(1) 式では, この最適な電源設備  $Kq^*$  の選択にあたって, 電源以外の資本設備  $K$ , 労働力  $L$ , 購入電力量  $kWh$  も企業の選択変数である。しかしながら, 電力品質という生産要素を他の生産要素, 例えば労働力と代替することは非常に困難である。また, 電源設備の導入を決定する以前に, 他の資本設備や労働力は決っている場合が多い。これは, 新設の場合にも当てはまる。そこで, ここでは, 電源設備の選択は, 他の生産要素の選択とは分離できると仮定し, 他の生産要素は現時点での選択変数ではないとする。資本  $K$  や労働力  $L$  などは, 企業特性を示す変数として捉え, 企業の生産・費用構造を表しているとする。 $Z^h$  を生産物価格  $p^h$  や他の生産要素など企業の特性を示す変数からなるベクトルとすると, (1) 式は次のように書き直される。

$$\Pi^h = f(Q(Kq) ; Z^h) \quad (1)'$$

(1)' 式は、代表的企業  $h$  の利潤関数である。我々が観測する一般の企業の場合は、代表的企業  $h$  の利潤と完全に一致するとは考えられないので、誤差項を加えて一般の企業の利潤関数を表す。

$$\Pi^h = f(Q(Kq) ; Z^h) + \varepsilon^h \quad (2)$$

ここで、企業  $h$  が電源設備  $Kq_i$  を選択している場合には、次の関係が成り立っていないと仮定される。

$$f(Q(Kq_i) ; Z^h) + \varepsilon_i^h > f(Q(Kq_j) ; Z^h) + \varepsilon_j^h \quad (3)$$

for all  $j \neq i, j \in J$

ただし、 $J$  を企業が選択できる電源設備のセットとする。

関数  $f$  を、 $Kq_i$  に依存する品質変数  $q_{ki}$  ( $k=1, \dots, K$ ,  $K$  は品質を表す特性の数) と、企業  $h$  の特性ベクトル  $Z^h$  の要素  $z_l^h$  ( $l=1, \dots, L$ ,  $L$  は企業特性の数) の線形結合で表せると仮定すると、

$$f(Q(Kq_i) ; Z^h) = \sum_k^K \beta_k q_{ki} + \sum_l^L \alpha_{li} z_l^h \quad (4)$$

と書き直される。(4) 式を (3) に代入し、McFadden の条件付きロジットモデル [17] を適用するため、誤差項  $\varepsilon_i^h$  が Type I Extreme Value distribution に従うと仮定する。この仮定により、企業  $h$  が選択可能な電源設備のセット  $J$  から  $Kq_i$  を選択する確率は、

$$P(Kq^h = Kq_i) = \frac{\exp\left\{\sum_k^K \beta_k q_{ki} + \sum_l^L \alpha_{li} z_l^h\right\}}{\sum_j^J \exp\left\{\sum_k^K \beta_k q_{kj} + \sum_l^L \alpha_{lj} z_l^h\right\}} \quad (5)$$

と表される。観測された企業の全ての選択確率の積

$$\prod_j^J \prod_h^H P(Kq^h = Kq_j) = \prod_h^H P(Kq^h = Kq_j)^{s_j}$$

$s_j$  は  $Kq_j$  を選択した企業数

を尤度関数とし、最尤法によってパラメータ  $\beta_k, \alpha_{li}$  を推定する。

#### 4.3.2 テータ

現在のところ、電力品質に関する電源設備は CVCF と自家発であるので、これらの有無や運用形態に注目して、選択される設備のセットを次のように求めた。

システム 1 の設備セット

形態 0: CVCF なし

1: CVCF あり (非常時単独運転)

2: " (常時単独運転)

3: " (常時冗長並列運転)

システム 2 の設備セット

形態 0: 自家発なし

1: 自家発あり (単独運転)

2: " (バイパス運転)

3: " (並列運転)

システム 3 の設備セット

システム 1 に自家発の有無を組み合わせた 8 形態

品質に関する変数には、実際の故障や事故確率から得られるデータをもとに、各システム毎の機器の保有の有無、機器の運用 (直列単独か冗長並列か) から推計される事後的な年平均停電回数と瞬低回数が用いられた。これは企業が実際に得ている品質ではないが、意志決定前に企業側でもっている情報もこの程度であろうと考えられる。具体的には、例えばシステム 1 に対して次のような値を与えた。

システム 1	停電回数 (回/年)	瞬低回数 (回/年)
形態 0	0.390	12.0
1	0.251	0.25

2	0.081	0.09
3	0.038	0.037

ただし、このような品質変数に対し、企業側が、「形態3は形態1より10倍品質が良い。」などと認識しているとは考えにくく、この変数は対数変換して用いることとした。

企業の特性に依存する変数は、業種、電力単価、無停電電源設備費の3種である。業種は、金融業（銀行ダミー）と、建設・製造・商業（製造業ダミー）の2つのダミー変数を用いた。ヒアリングや電源設備との相関係数から、金融業では高品質な電力を選択する確率が高くなり、逆に、建設・製造・商業では低くなると予想される。

需要家の電力単価には、契約別の電力料金の他、工事費や2次側母線、トランスなどの自発電設備費を含めている。無停電電源設備によるバックアップコストには、CVCF/UPSと受変電の購入費用の他、この設備の維持管理に要する人件費も加えている。電力単価やバックアップコストは、アンケート調査のデータをもとに我々が計算した値である。

電力単価の上昇は、電力の購入費用の増大を意味するから、新たな電源設備を導入するための資金を減少させるため、高品質電源設備に対する需要を減少させ、無停電電源設備の価格上昇も需要を減少させると期待される。

表6に、推定に用いた124サンプルの平均、標準偏差等を示す。

表6 推定に用いられたサンプルのコストデータ

(\* 単位円/kWh)

	平均*	標準偏差	最小*	最大*	合計*	分散
外部コスト(注1)	25.010	4.114	12.779	34.445	3101.190	16.927
内部コスト(注2)	7.325	6.849	0.0000	26.686	908.267	46.904

注1 電力料金、工事負担金、受変電設備コスト

注2 自家発、CVCF、及び両者の運転維持コスト

#### 4.3.3 分析結果

表7, 8, 9は、システム1, 2, 3を選択可能な設備のセットとした時の推定結果である。

表7の結果から、バックアップコスト以外の変数に対するパラメータの符号が、先見的な仮定に一致していることがわかる。つまり、①瞬低回数が少ないほど、高品質電源設備が選択される確率は高くなる、②金融業は高品質電力を欲しているが、建設・製造・商業では高品質電力のための電源設備は選ばれにくくなる、③電力単価（料金）の上昇は高品質電源設備の導入を阻害する、といった関係である。

業種による違いは、次のように考えることができよう。金融業における「顧客からの信頼」の重要性は周知のとおりであるが、それは、高品質電力が生産関数（収益）に多大な影響を与える要素であることを示している。このため、金融業では、停電や瞬低による顧客サービスの低下が非常に大きなダメージコストを生じさせ、そのダメージコストに較べれば電源設備の導入コストは問題にならないと考えられる。一方、建設・製造・商業では、電力の品質が生産に影響を及ぼすものの、品質の低下によるダメージコストはそれほど大きなものではなく、高品質電源設備の導入による費用の上昇の方が重視されると考えられる。

バックアップコストの上昇が、高品質電源設備を選択させる方向に働き、t値も品質が高い設備ほど大きいという結果は、通常の需要法則

表 7 条件付きロジット分析の結果 I  
(CVCF の運用形態に対する需  
要家の選択)

説明変数	変数名	パラメータ (t 値)
瞬時電圧低下の頻度 (対数値)	LQQ	- 0.70778 (- 2.1117)
① 銀行ダミー	BANK 1	1.0259 (1.3321)
製造業ダミー	MANF 1	- 1.2324 (- 1.6643)
電気料金	PBASE 1	- 0.15887 (- 2.9660)
バックアップコスト	PMODEL 1	0.0879 (1.7861)
② 銀行ダミー	BANK 2	1.4392 (0.91817)
製造業ダミー	MANF 2	-18.358 (- 0.0014)
電気料金	PBASE 2	- 0.35118 (- 3.3264)
バックアップコスト	PMODEL 2	0.20452 (1.4925)
③ 銀行ダミー	BANK 3	1.9739 (2.7243)
製造業ダミー	MANF 3	-21.067 (- 0.0015)
電気料金	PBASE 3	- 0.24243 (- 2.9767)
バックアップコスト	PMODEL 3	0.15770 (3.0117)

(サンプル数 124)

表 8 条件付きロジット分析の結果 II  
(自家発の運用形態に対する需  
要家の選択)

説明変数	変数名	パラメータ (t 値)
停電の頻度 (対数値)	LRR	- 0.27889 (- 0.23318)
① 銀行ダミー	BANK 1	1.6738 (1.8310)
製造業ダミー	MANF 1	0.51391 (0.86433)
電気料金	PBASE 1	- 0.07264 (- 2.6545)
バックアップコスト	PMODEL 1	0.26893 (4.5032)
② 銀行ダミー	BANK 2	2.5123 (2.3748)
製造業ダミー	MANF 2	-18.391 (- 0.0017)
電気料金	PBASE 2	- 0.17365 (- 2.0792)
バックアップコスト	PMODEL 2	0.30428 (3.8026)
③ 銀行ダミー	BANK 3	1.9572 (1.4087)
製造業ダミー	MANF 3	-17.121 (- 0.0016)
電気料金	PBASE 3	- 0.24369 (- 1.8368)
バックアップコスト	PMODEL 3	0.33985 (2.8598)

(サンプル数 124)

表 9 条件付きロジット分のの結果 III  
(CVCF および自家発の選択)

説明変数	変数名	パラメータ (t 値)
瞬低頻度 (対数値)	LQQ	- 1.0460 (- 1.9517)
停電頻度 (対数値)	LRR	- 0.20611 (- 0.19364)
① 銀行ダミー	BANK 1	-1878.2 (- 0.05426)
製造業ダミー	MANF 1	- 4.7175 (- 0.09653)
電気料金	PBASE 1	- 0.77851 (- 0.13242)
バックアップコスト	PMODEL 1	444.20 (0.10630)
② 銀行ダミー	BANK 2	-1876.3 (- 0.05555)
製造業ダミー	MANF 2	-21.304 (- 0.0010)
電気料金	PBASE 2	- 1.0042 (- 0.17204)
バックアップコスト	PMODEL 2	444.43 (0.10636)
③ 銀行ダミー	PANK 3	-1857.5 (- 0.08751)
製造業ダミー	MANF 3	-23.974 (- 0.00104)
電気料金	PBASE 3	- 0.89977 (- 0.15417)
バックアップコスト	PMODEL 3	444.28 (0.10632)
④ 銀行ダミー	BANK 4	-1857.8 (- 0.08752)
製造業ダミー	MANF 4	- 2.9012 (- 0.02246)
電気料金	PBASE 4	- 0.63682 (- 0.10915)
バックアップコスト	PMODEL 4	444.34 (0.10633)
⑤ 銀行ダミー	BANK 5	-1856.2 (- 0.08745)
製造業ダミー	MANF 5	- 3.6785 (- 0.2848)
電気料金	PBASE 5	- 0.81232 (- 0.13921)
バックアップコスト	PMODEL 5	444.31 (- 0.10633)
⑥ 銀行ダミー	BANK 6	-1855.0 (- 0.08739)
製造業ダミー	MANF 6	-20.247 (- 0.0010)
電気料金	PBASE 6	- 0.96083 (- 0.16464)
バックアップコスト	PMODEL 6	444.44 (0.10636)
⑦ 銀行ダミー	BANK 7	-1855.5 (- 0.08741)
製造業ダミー	MANF 7	-23.451 (- 0.00142)
電気料金	PBASE 7	- 0.93939 (- 0.16098)
バックアップコスト	PMODEL 7	444.40 (0.10635)

には反している。事前のヒアリングにおいても、本当に高品質の電力を必要としている企業は、コストを無視して最高の設備を導入するケースが多いという情報を得ており、そのような電力品質に特異な反応をする需要家の行動を表すものかもしれない。しかしながら、CVCFを常時通電運転せず単独で運用する場合のように、必ずしも高品質電力の需要家とは思えないケースでもバックアップコストの符号はプラスである。これらの結果は、推定モデルから除外されている変数が存在することを意味していることが考えられ、今後除外されている変数の中で、企業が電力品質というものをどれだけ重要視しているかを示す変数を加えた再分析が必要である。

以上の議論は、自家発の運用形態に関する結果(表8)に対しても同様になされる。ただし、停電回数や瞬低回数は、ほとんどCVCFの運用形態に依存しているため、品質のパラメータは、自家発設備の選択に関しては有意でない。(表9はCVCFの運用形態と自家発の有無を組み合わせた設備のセットを用いて推定した結果であるが、有意性と符号条件からみて理論モデルはほとんど適合していない。)自家発の機能を考えると、その選択には停電からの回復時間といった別の品質特性を用いることが有効であろう。

バックアップコストと電力単価とで需要家が異なる反応を示す理由として、企業にとって内部設備(内部コスト)は将来にわたって収益が期待される投資と捉えることができ、短期的な負担の増加をそれほど問題にしない傾向がある場合があるのに対し、電力単価(外部コスト)の上昇は、短期のみならず長期的な負担の増加を企業に意識させるため、その需要を減少させ

の効果を持つことが挙げられる<sup>注)</sup>。

このことは、電力会社が高品質な電力を供給しようとする場合、その価格を本分析から得られる企業の内部コストと同程度とするならば、本分析から求められる期待需要ほどは市場が獲得できないであろうことを含意している。

## 5. 結論と今後の課題

以上の分析結果から本研究の結論は次のようにまとめることが出来る。

① 需要家の電力利用の特性を調査した第1次結果からは、電力の品質に対する要求水準は利用機器の特性によって決定され、特に情報通信・制御関連機器は他の機器とは際だって品質水準の高い電力が要求されており、これらの機器を利用している事業所においては系統電力の品質よりはるかに高い水準を維持するための設備を内部化していることが示された。

また、第2次調査においては、大型コンピューターを設置するなどの高品質電力需要家を対象として、現状においてこれら需要家が内部化した電源バックアップ設備から得ている品質(停電と瞬低の確率)とコスト(最終的な電力料金と電源バックアップにかかる内部化コスト)の関係から、電力の品質と価格に対するデータを得、これをもとに需要家の品質と価格に関する行動の計量分析を試みた。この結果、

② CVCFや自家発などの設備を保有している需要家の最終の電力コストは kWh あ

注) 電力単価を決める受電契約種別等でも、電力品質にはかなりの差がある。高品質な電力が外部から供給されるようになる場合には、需要家は同じ品質の電力を得るために、設備を外部化するか内部化するかを選択することになる。内部化コストと外部化コストに対する企業の反応の違いを議論するには、系統からの品質を含めた需要家の行動を分析する必要がある。

たり約 36 円となること

- ③ 高品質電力を必要とする需要家は、その電力を選択するにあたってコストよりも品質（供給信頼度及び瞬時電圧低下回数）を優先している。選択に際しての品質とコストの関係は業種間で大きな差異が見られ、特に金融業などでは現状で需要家が得ている品質を越える電力を保証する技術システムが確保できるなら、コストが高くて他の業種に比べ、より高い確率で電力高品質設備を選択すること
- ④ 需要家の、電力変換に要するコストに対する反応は、そのコストが内部化コスト（需要家が投資した電源関連設備やその運転維持にかかるコスト）であるか、外部化コスト（電力料金）であるのかによって異なること

などが示された。

なお、本分析では、需要家の電力高品質化のための設備の選択に関しては通常の需要法則に反した結果となったが、需要家はこれらの機器を購入電力の契約によって定まる品質を考慮に入れて選択しており、今後モデルを内部化サービスと外部化サービス間の代替関係を含める形にするなどの改良が必要である。前出の図 4 からも、バックアップコスト（内部化コスト）の大きな需要家ほど電力単価（外部化コスト）が小さいという関係が観察され、改良のポイントとなる。また、これらの改良を経て、本分析を、品質と価格を含めた需要関数（高品質サービスの市場性）の推計、及びこれらを基にした電気事業側からの高品質サービス供給可能性の検討に結び付けていくことが今後の課題として挙げられよう。

最後に、本研究において電力システム技術の

専門の立場から研究全般にわたりご指導をいただいた狛江研究所開発部の鈴木正、吉光司の両氏、およびモデル分析についてご指導いただいた筑波大学の太田誠教授に深く感謝する。

#### 参考文献

- [1] 西野・植木・牧野「停電コスト評価」電力経済研究 No. 17 (1983)
- [2] 西野・牧野他「EPRI: 停電コスト評価の方法論」電力中央研究所 No. 8002 (1981)
- [3] K. Yamaji. Applications of the Over/Under Model to a Japanese Electric Utility. CRI-EPI Report E584005 (1983)
- [4] Value of Service Reliability to Customers. Seminar proceedings prepared by Criterion, inc, March 1986. EPRI EA-4494
- [5] EPRI Jornal, March 1986
- [6] 海外電力第 28 巻 No. 5 pp. 30-37
- [7] Priority Service: Unbundling the Quality Attribute of Electric Power. EPRI. EA-4851 1986
- [8] Selected Papers on Priority Service Methods EPRI P-5350, 1987
- [9] 通産省「新時代に即応した電力流通技術問題研究委員会報告書」昭和 59 年 6 月
- [10] たとえば藤井美文。大林守「マルチメニュー電力供給サービスの市場性（中間報告）」（電力中央研究所、未公開）では、D. Hill (Review of Economics and Statistics, 1987 p. 277) にならない意識調査データを基に、Two-Limit Torbit Model を用いた品質—価格の選好分析を試みているが、特にアンケートでは選択項目の設定が難しく、また回答者の選択結果も解釈不可能なものが多く見られた。
- [11] オフィス辞典、産業調査会 1987
- [12] [13] [14] 需要家における電源変換設備のモデル化およびシステム別の供給信頼度及び瞬時電圧低下の確率およびコストに関しては鈴木正、吉光司（電力中央研究所狛江研究所）らの推計資料（未公開）<sup>[12]</sup>、J. Reed et al. Large Parallel UPS Systems Utilizing PWM Technology, IEEE CH2073-5 p. 282, 1984<sup>[13]</sup> を、電気料金や工事負担金に関しては供給規定および同細則（9 電力各社）<sup>[14]</sup>を

参照。

- [15] 太田誠「品質と価格」(創文社) 1980
- [16] Maddala, G. S. Limited-dependent and Qualitative variables in Econometrics. Cambridge Univ. Press
- [17] McFadden, D. "Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior," "Frontiers in Economics. New York Academic. pp.

105-142, 1973

ふじい よしふみ  
エネルギー研究室  
おのじま ともこ  
社会環境研究室  
まつかわ いさむ  
エネルギー研究室