

需要想定

電気事業における予測

國澤 直樹

1. 予測の目的

電気事業にとっての需要想定は、いわゆる市場調査・市場予測に該当するものであり、需要想定に求められる機能も、ほぼ同様の機能である。即ち、製品を企画し、売り上げを予測し、製造計画を立て、収支を見通す。これらの仕事は電気事業者の場合でも同じように実施される。（マーケットシェアを考慮しなければならない点も、程度の相違こそあれ、同様である。）

とはいえ、電気事業には供給義務が課せられており（電気事業法第18条）、その一方、経済的な備蓄手段が見当たらないという技術的な制約、投資集約型産業であって大規模な埋没費用が発生する等の特性から、需要想定は（競争的市場で活動している企業とは別の意味で）経営に極めて重大な意味を持っている。

需給バランスという観点から、電気事業者は「供給計画」「施設計画」を毎年1回、通商産業大臣に届け出るが、その際にも2年（供給計画・電気事業法施行規則第29条）から10年（施設計画・電気事業法施行規則第28条）の期間の需要想定を提出しなければならない。「供給計画」「施設計画」は、それぞれ『電力需給の概要』（文献1）『電源開発の概要』（文献2）として、資源エネルギー庁公益事業部から発表されている。

もとより需要想定は、これら制度化された作業だけでなく、意思決定に必要な様々な時間的スケールで実施される。数時間単位の需要予測は、例えば、最大電力発生時刻における需給バランスをとるために必要な系統運用（場合によっては融通や、需給調整を含む）のために用いられる。この分野では、エキスパートシステムの適用等、様々な試みが続けられている。

くにさわ なおき 東京電力(株) 情報システム部
〒100 千代田区内幸町1-1-3
TEL 03-3501-8111 ext 4662

超長期の予測は、近年リードタイムが長期化している設備形成の指針として重要な意味をもっている。またこれら需給バランスを目的とする以外にも、需要想定は電気料金収入・燃料消費・設備投資等を予測するためのパラメータとなるため、経営シミュレーションの要としての役割をも担っている。（表-1参照）

（表-1） 需要想定の時間的スケールと利用目的

時間的スケール	利用目的
時間	系統運用（融通・需給調整を含む）
月	供給計画 経営シミュレーション（収支等）
年	施設計画 経営シミュレーション（設備投資等）

2. 予測の実務

日本電力調査委員会（E1）は、電力需要・供給力・重電機器についての調査・研究を目的として、1952年、一般電気事業者・主要卸売電気事業者・重電機器メーカーによって設立された組織である。E1は需要想定については、とくに長期想定（10年レンジ）の取りまとめ役となっているが（図-1参照）、この委員会が（5年に1回）発行している『日本電力調査報告書における電力需要想定および電力供給計画算定方式の解説』（文献3）（以下「解説」）は、事実上の需要想定のマニュアルとして、各想定担当者間で広く利用されている。

E I の予測手法は、電力量 (kWh) 想定が中心であったそれ以前の手法に対する反省から、米国エジソン電気協会の調査方式を採用して、電源開発量の検討に利用できるように電力 (kW) 想定に重点を置いた手法になっている。この手法は、いわゆる需要想定から、確率的要因 (例えば、通常需要想定では対象としない1時間より短いスケールでの需要変動) を織り込んだ予備力計算など、供給力計画までの一貫した計画手法を提示している点が特色である。

E I の『解説』にしたがって、需要想定の大きな流れを追ってみると、次のようになる。まず、需要想定のアウトプットは、大きく「電力量」と「最大電力」の2つに大別される。

「電力量」には、

販売電力量

$$= (\text{一般電気事業者が販売した電力量})$$

需要電力量

$$= (\text{販売電力量} + \text{特定供給})$$

総需要電力量

$$= (\text{需要電力量} + \text{自家発自家消費電力量})$$

需要端電力量

$$= (\text{需要電力量} + \text{変電所内用電力量})$$

送電端電力量

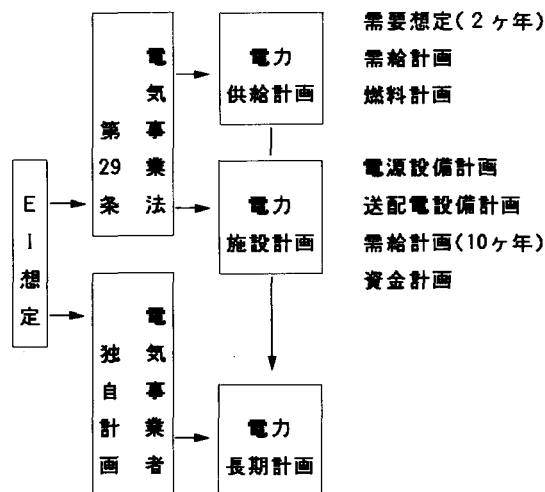
$$= (\text{需要端電力量} + \text{送電損失量})$$

発電電端電力量

$$= (\text{送電端電力量} + \text{発電所内用電力量})$$

(図-1) E I 想定と他計画との関連

(『解説』1987年版より)



と、主として流通経路のどの断面で考えるかによっていろいろとらえ方がある。一般電気事業者の需要想定の場合、基本的には販売電力量を想定し、需要端・送電端の順に作業をすすめることになる。

「販売電力量」の想定は、基本的に「用途」と呼ばれる同種の需要パターン別の想定値を積み上げる方法で作成される。用途は、分類のしかたにいろいろなパターンがあるが、基本的にE I では、用途を

- 家庭用 (一般家庭用・街路灯・深夜電力等)
- 業務用 (事務所・商店・病院・ホテル等)
- 小口電力 (商店・小規模工場等)
- 大口電力 (工場・鉄道等)
- その他 (臨時用・農事用等)

と区分している。需要想定の上は、もっと細かな区分が採用され、例えば大口電力は主要業種別、小口電力は供給電圧別 (すなわち契約規模別) の値が想定される。

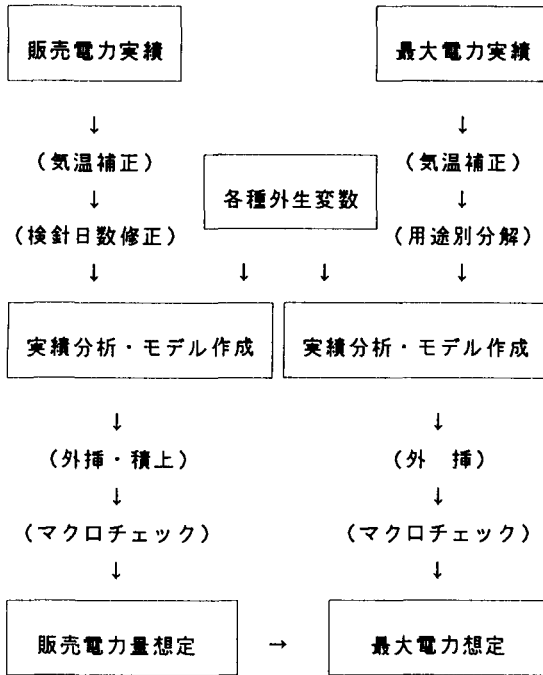
「販売電力量」の想定は、例えば家庭用ならば、世帯数・住宅着工・家電製品普及率、大口電力ならば、鉱工業生産指数 (IIP) のような、外生変数を用いる場合もあるが、信頼すべき外生変数との関連性が見出せない場合には時系列傾向を判断材料として想定される。この場合、各用途の販売実績が、想定の特元となるが、実務上、過去の実績に対して「気温補正」・「検針日数修正」の2つの前処理を施している。

「気温補正」は主として「家庭用」「業務用電力」の用途の販売電力量が気温によって変動する (気温関連を持つ) ことに対する補正である。需要想定は全て平年気温ベースで作成されるため、実績気温と平年気温の差の影響量を実績販売電力量から補正することになる。

「検針日数修正」は、販売電力量が、月1回の検針によって計測されていることにたいする修正であり、具体的には、地区毎に行われる検針業務のスケジュールが、曜日パターンによって変動することにたいする修正である。(例えばすべての検針が、曜日にかかわらず、毎月1日に行われているのであれば、この修正は不要である。)

これらの販売電力量に対する前処理の後、必要に応じて、電力量を契約電力と稼働時間の積に分解する。想定のため外生的に与えられる変数も、それが (設備投資などの様に) 契約電力に作用するのか、(空調の稼働増の様に) 稼働時間に作用するのかによって、想

(図-2) 想定業務の流れ



(表-2) 主要外生変数

項目	考慮する外生変数
電 灯	人口 (厚生省人口問題研究所予測値) 住宅着工 (短期 {月次} 想定に反映) 家庭用電気機器普及動向 民間最終消費支出 (CP)
業務用	第3次産業粗資本ストック (KP3)
小口 電力	第2・3次産業粗資本ストック (KP2・3) 鉱工業生産指数 (IIP)
大口 電力	鉱工業生産指数 (IIP) 主要物資生産見通し
合計	国内総生産 (GDP) <マクロチェック>
最大 電力	クーラー普及率 国内総生産 (GDP) <マクロチェック>

定に対する折り込みかたが変わってくる。

「最大電力」は、基本的には「電力量」の想定終了後、用途別負荷率 (平均電力÷最大電力) の傾向、夏季・ベース需要別の傾向等を用いて作成される。基本的には「送電端最大3日平均電力」を求めるところまでが必要想定範囲であり、以降供給力の計画には、確率的な検討が織り込まれることになる。

3. 予測の手法

1987年版までの『解説』には、需要予測に必要な統計手法として、次の項目があげられている。

(1) 最小自乗法

- (a) 1次式
- (b) 2次式
- (c) 2元1次式 (重回帰のこと)
- (d) 相関係数
- (e) 標準誤差または標準誤差率

(2) 成長曲線 (Logistic曲線・Gompertz曲線)

(3) 3点2次式 (3点を通る2次関数の式)

(4) サンプリング誤差の簡単な求め方

(5) 季節調整

『解説』は、手法を制限する目的でこのリストを掲載しているわけではないとおもわれるが、手法の標準化という意味で、基本的に需要想定で用いられる統計的手法は、この範囲内に留められてきた。

「最小自乗法」は、ここでは回帰分析を意味している。回帰のあてはまりのよさを示す指標として、『解説』は、「相関係数」と「標準誤差・標準誤差率」をあげているが、実務上はこれ以外に、回帰分析上ごく標準的に用いられるt検定・F検定、及び時系列データの回帰に固有の残差分析であるダービン・ワトソン比 (DW比) が用いられる。

「成長曲線」については、Logistic曲線・Gompertz曲線についての解説があるが、需要想定上もう一つ、修正指数曲線も利用されている。これらは『経済変動の統計分析法』 (森田優三: 1955 [文献4]) に詳しい解説がある。(経済データを対象とした、時系列データ解析のモノグラフが、日本で1955年に出版されていたことは、今日の状況を考えると、驚くべきことである。) 成長曲線は、家庭用電気機器普及率・都市部の人口密度増加傾向など、よく知られた適用例以外に

も、稼働時間がサチュレートしてゆく傾向を持つ場合などの想定に、ひろく用いられている。

「季節調整」については各種調整手法がある中で、『解説』にはEPA法が紹介されている。需要想定で用いるデータの多くは、季節変動を示すことが多く、季節調整は、稼働時間の推移など多くの場面で用いられる。季節調整手法についてはオイルショック期に、他の各種季節調整手法が、データ系列の激変に対応できなかったこと等から、統計審議会の勧告に従い、センサス局法Ⅱ X-11 を利用する動きが、官庁統計を中心に広がっている（この経緯については、黒川恒雄：1979【文献5】に詳しい）。需要想定もこれに倣っている。

1992年版の『解説』からは、上で述べた手法の列挙が削除されているが、これによって、予測の統計的なツールが多様化していくかどうかは、現時点では判断できない。時系列データを多用する需要想定業務の特性、また、その時系列が多くの場合、周期性（例えば季節性）を持っており、その周期性の取り扱いが、想定結果を大きく左右すること、等を考慮すると、社会・経済統計に徐々に適用が始まった時系列モデルの考え方が、遅かれ早かれ需要想定にも影響を及ぼしてゆくのではないかと考えている。

4. 時系列モデルによる予測の試み

時系列モデルを採用すると否とにかかわらず、経済現象についての予測は時系列データを対象とせざるをえない。需要想定については、これまで、気温補正・検針日数調整済みの時系列データを、季節調整し、それと外生変数との相関や時系列相関から、先行きを予測するケースがほとんどであった。

予測に時系列モデルを取り入れようとする試みに対しては、『解説』の記述を抜きにしても、「理論なき計測」に対する嫌悪感や、時系列モデルを採用すること自体が特定の政策的立場の表明であるとする誤解、想定誤差を解析する上での実務上の困難等の点から、強い抵抗があった。その様な中であって、電力中央研究所で研究レベルの作業が報告されている。（浜田宗雄・山田泰江：1981【文献6】、浜田宗雄・山田泰江・近藤裕之：1983【文献7】）。

ここでは、時系列解析を用いて需要想定を行うテストとして、東京電力の従量電灯甲乙口数（契約電流60アンペア以下。一般の住宅は、ここに含まれると考え

てよい。以下、「電灯口数」と略称。）の予測（短期・月次ベース）を例に取り上げる。

電灯口数の予測は、長期予測では人口予測（厚生省人口問題研究所の予測値をベースに予測）から求められているが、この手法は年次系列を対象としたものである。ここでは、月次データを解析するため、住宅着工・除却戸数のデータを用いる。

住宅着工・除却データは、『建設統計月報』上に、月次・都道府県別に公表されている。「着工住宅：工事別（新築・増築・改築別）都道府県総計表」から新設戸数を、「除却建築物：用途別・構造別・都道府県別表（総計）」から居住用建築物／木造＋非木造の項目を抜き出し、東京電力の供給区域1都7県＋静岡県富士川以東は東京電力の供給区域であるが、月次統計としては、集約できない。）について、集計する。

月次統計として見た場合、電灯口数の動きは、住宅着工・除却戸数とそれぞれ別個のラグをもつことが予想されるため、着工・除却をそれぞれ別個の伝達関数入力として電灯口数を説明する伝達関数モデルを考える。口数予測のためには着工・除却戸数の値にたいしても予測値が必要となるが、これはそれぞれの時系列にたいして季節ARIMAモデルをあてはめて算出する。選択されたモデルは次のような形をしている。

p : 住宅新設戸数	∇ : 定常化差分項
m : 住宅除却戸数	ϕ : AR項
x : 従量電灯甲乙口数	θ : MA項
B : ラグ演算子	Ψ : 伝達関数
μ : 定数項	e : 誤差項

住宅新設戸数モデル

$$\begin{aligned}\phi_1 \nabla_1 p(t) &= \mu_1 + \theta_1 e_1(t) \\ \phi_1 &= (1 - \phi_{11} B^1)(1 - \phi_{12} B^{12}) \\ \theta_1 &= (1 - \theta_{11} B^7) \\ \nabla_1 &= (1 - B^{12})\end{aligned}$$

住宅除却戸数モデル

$$\begin{aligned}\phi_2 \nabla_2 m(t) &= \mu_2 + e_2(t) \\ \phi_2 &= (1 - \phi_{21} B^1)(1 - \phi_{22} B^{12}) \\ \nabla_2 &= (1 - B^{12})\end{aligned}$$

電灯口数モデル

$$\begin{aligned} \phi_3 \nabla_3(1-B^{12})x(t) &= \mu_3 + \theta_3 e_3(t) \\ &+ \psi_{31}(1-B^{12})p(t-1) + \psi_{32}(1-B^{12})m(t) \\ \phi_3 &= (\mu_{31} - \phi_{31}B^1 - \phi_{32}B^2) \\ \theta_3 &= (\mu_{32} - \theta_{31}B^1) \\ \nabla_3 &= (1-B^1) \end{aligned}$$

電灯口数と、住宅着工・除却戸数の間には、強い関係が予想されるものの、複雑なラグの存在から、月次のレベルで定量的な関係が明らかになってはいなかった。1985年1月から1993年12月までのデータを用いて時系列モデルを推定したところ、実績値・理論値の関係については、良い結果がえられた。

このモデルを用いて、実際の供給計画用需要想定と同じ条件で3ヶ月後・15ヶ月後の口数を想定し、結果を比較してみた。

(表-3) 従量電灯甲乙口数想定手法比較
(単位：千口)

年月	従量電灯 甲 乙 口数実績	供給計画値		時系列モデル	
		3ヶ月	15ヶ月	3ヶ月	15ヶ月
90.3	15,432	15,013		15,445	
---	---	---	---	---	---
91.3	15,864	15,432	15,365	15,874	15,908
---	---	---	---	---	---
92.3	16,246	16,234	15,791	16,252	16,342
---	---	---	---	---	---
93.3	16,533	16,553	16,565	16,532	16,647
---	---	---	---	---	---
94.3	16,757	16,763	16,872	16,752	16,784
---	---	---	---	---	---
95.3			16,978		16,925

(「3ヶ月」「15ヶ月」はそれぞれ表側の年月の電灯口数を3ヶ月前・15ヶ月前に予測した時の値を示す。例えば、1992年10月迄の住宅除却戸数、1992年12月迄の住宅着工戸数、電灯口数実績をもとに、15ヶ月後の1994年3月の電灯口数を想定した値が、供給計画値では、16,872千口、時系列モデルでは、16,784千口である。)

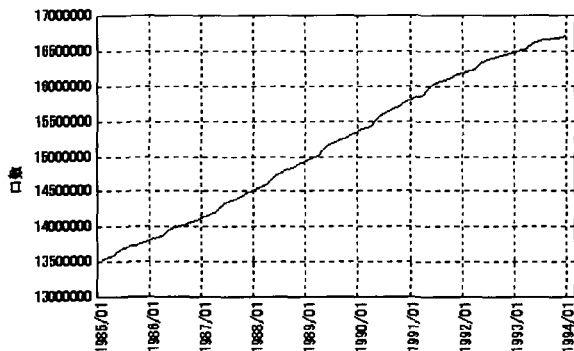
テストに用いた期間は、いわゆる「バブルの崩壊」を含む期間であり、決して各変数が安定的な推移を見せた期間ではないが、単純なモデルの割には、説明力が高いと見るべきであろう。供給計画想定値には、人口予測のほかに、世帯人口の変動や、金利要因が織り込まれている。特に金利要因については、住宅着工に影響を与えるパラメータと考えられるため、時系列モデルを改良するための有力な候補の一つである。

手法の優劣を論じるためには、もっと長期間にわたるシミュレーションが必要となるだけでなく、想定誤差の要因検討など様々な問題が解明されなければならないが、時系列モデルが既存の想定手法を補完する(特に短期的な予測について)有力な手法として利用される可能性は、大きいのではないだろうか。

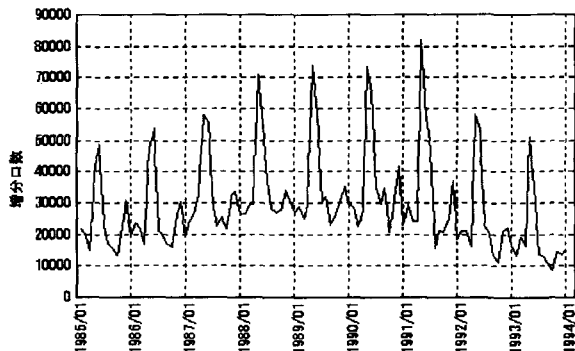
参考文献 (発表年は原書の初出年)

- [1]: 資源エネルギー庁公益事業部 各年 『電力需給の概要』
- [2]: 資源エネルギー庁公益事業部 各年 『電源開発の概要』
- [3]: 日本電力調査委員会 1992他 『日本電力調査報告書における電力需要想定および電力供給計画算定方式の解説』
- [4]: 森田優三 1955 『経済変動の統計分析法』 岩波書店
- [5]: 黒川恒雄 1979 『経済時系列の分析とその季節変動の調整』 『統計』日本統計協会
- [6]: 浜田宗雄・山田泰江 1981 「一変量時系列モデルによる電力需要分析」電力中央研究所経済研究所報告
- [7]: 浜田宗雄・山田泰江・近藤裕之 1983 「電力需要の分析と予測 ―一変量時系列モデルによる接近―」電力中央研究所経済研究所報告

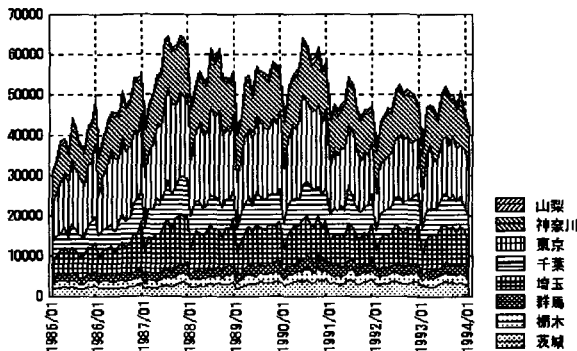
従量電灯甲・乙口数



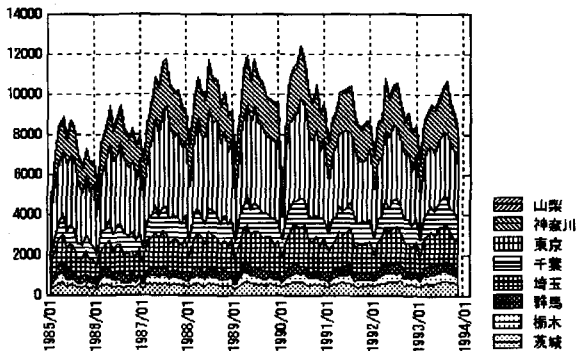
従量電灯甲・乙口数 対前月増分



住宅新設戸数



住宅除却戸数



想定誤差の推移
(実線：時系列モデル 点線：供給計画)



ARIMAモデルで
各年12月迄のデータ
を15ヶ月先まで延長

ARIMAモデルで
各年10月迄のデータ
を17ヶ月先まで延長

