

## 電力負荷と天気の関係

都 田 菊 郎\*

## §1. はし が き

電気はどういうときに沢山消費されるか？ この問題は給電指令の見地から、また、電力を経済的に使用する点から極めて重要である。著者は給電機構についてはほとんど知識を持ち合せていないが、これが解明され、さらに予報も可能になれば、それからあがる利益はかなり莫大なものになるということは容易に想像がつく。というのは、もし水力発電による給電が十分に需要を上廻っているならば、この種の知識は無価値になるが、実際はそうはなっていない。そのため、実際には流れを堰き止めて貯水し電気が不足するときはそれから補給したり、さらに足りなければ火力発電を行い、あるいは、一つの電力会社から他の電力会社に融通をしたりしているのである。

このような訳で、この電力量の変動の機構を明かにすることは極めて緊急なものの一つである。さてそこで、このことに関しこれまでどの程度のことが解明されてきたかという点、問題の重要さにもかかわらず、極めて莫然としたことしか判っていないことである。例えば曇り日は電気が多く使われるというような、頭の中で莫然と統計した結果しか得られていない。系統的な研究に関しては H. A. Dryar のものがあるが、大雑把に天気と関係があることが述べられている。そこで著者はこれをもって確定的に、そして量的に調べてみようとした。

## §2. 負荷の変動

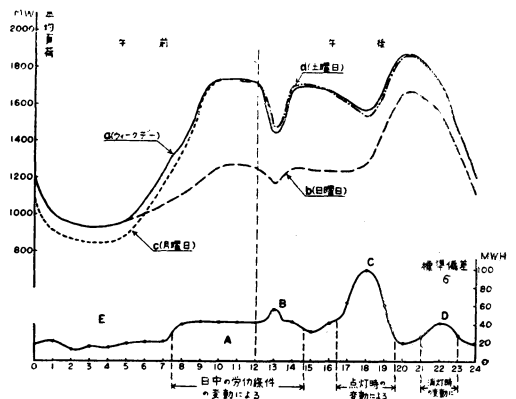
採用した資料は1954年5月の1カ月間にわたる各時間毎の負荷（東京電力）である。

最初に日々の変化の様子をみると、日曜日以外の週日に比して著しく電気の使用量が少いことがわかる。（図省略）。したがって、まず日曜日は今後除外して考えることにする。このように使用量が極端に少くなるのは日曜日の他に休日もそうで、したがって休日も除外する。

次に日曜日以外に曜日による特徴はないかとしらべてみる。第1図は0時から24時までの電力負荷の日変化で、図中 a（ウィーク・デー）の曲線は1954年の5月のウィーク・デーについて各時間毎の平均をとったもの、b, c, d の曲線は括弧の中に示したようにそれぞれ日、月、土、の各曜日について平均をとったものである。a 曲線の起伏についてはここでは述べないが、時間と対応させてみるとそれぞれ意味があるようである。さて、こ

の図に示したように月曜日は他のウィーク・デーと異なっており、土曜日は他のウィーク・デーと変りがない。月曜日が少いということについては、あるいは東京では月曜日は百貨店が休みだから、そのせいではないかと考えてみたが午前10時まで少いところを見ると、むしろ日曜日の情性が月曜日まで延びたと考える方が妥当のようである。話が横にそれたが、これからいえることは月曜日もウィーク・デーからは除外して考えた方がよいということで、同じように休日明けの日も除外することにした。

さて、電気量の変動というのは、第1図の a 曲線からのずれで、そのずれがどのような原因で生ずるかというのが本論文の目的である。そこで、ずれが1日の間に何時頃に大きくなるかをみでみる。第1図の下部の曲線は日々のずれの標準偏差を示したものである。これを見ると、先ず0時～7時はほとんど変動がなく、いわば『寝静まった時間』である。午前8時から変動は急に大きくなり、それがほぼ一様な大ききで午後2時までつづく。ただし、その間にお昼頃にピークがあるが、これは『お昼休み』の変動である。この午前8時～午後2時の部分を A、午後1時のピークを B としよう。A の変動は日中の労働条件が日によって違うために生ずるもので、B はお昼休みを長く休むか、短く休むかによって生ずる変動である。次に、午後5時から午後7時にわたって最高の変動を示す。これは夕方の点灯時の変動であろう。これは点灯時が早いか遅いかによって生ずるもので、この



第1図 平均負荷の日変化(上)と負荷の標準偏差の日変化(下)

部分を C とする。さらに、夜の9時から11時に再びピ

\* 東京大学地球物理学教室 —1955年12月8日受理—

ークがあら、これは 消灯時の 変動である。(この部分 D)

変動の量としてはCの部分最大であるが、Aの部分は長時間にわたっているから、この部分も重要である。

§ 3. 負荷変動の原因

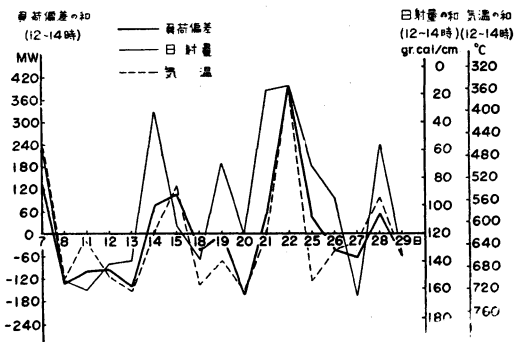
電気の消費量は何によって変動するかを知るには、電気をどういう方面に使うかを見ればよい。東電の給電月報をみると、電力用が79%、電灯用が21%となっている。電力用のうちわけは大口58%、小口7%、業務用および特殊13%、その他1%である。したがって、大口電力用と電灯用が大部分を占めることになるが、大口の中でも大きな部分を占めるのは化学製造が大きい。ということは、電気の用途としては加熱、動力および照明に用いる量が多いということである。

次に、これらの用途はどういう原因で変動するかを考えてみる。まず社会的原因と自然的原因に分けてみる。社会的原因としてはストライキ、社会的行事、夏休み冬休み、年末・年始・月末が主なものとして考えられる。また、自然的原因としては、気温、照度、雨、湿度、風、落雷、台風が考えられる。自然的原因を少し具体的に説明すると、まず気温が低ければ加熱・動力用に多くの電気をくうことになる。次に照度であるがこれは説明するまでもあるまい。雨は、夜分雨が降れば商店は早く閉めるであろう。湿度はこれが高いと電気の洩電が多くなるだろう。風が強く吹く日は店を早くしまおうであろう。また、お休みは短くなるだろう。落雷および台風は送電線に故障を与え、その間電気は消費されないことになる。

このように考えてくると原因はかなり沢山あるが、ここではまず気温・照度および雨との関係を見ることにした。

§ 4. 負荷と気温・照度・雨

例をAおよびBの部分にとって話を進める。第2図は

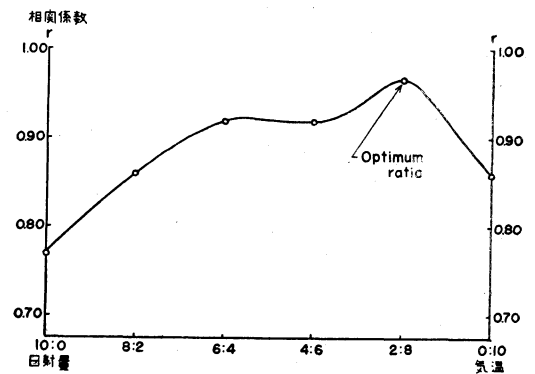


第2図 負荷偏差の変動と日射量・気温の変動 横軸はウィーク・デーの日付

12~14時の負荷偏差の日々変化と気温・照度のその時間

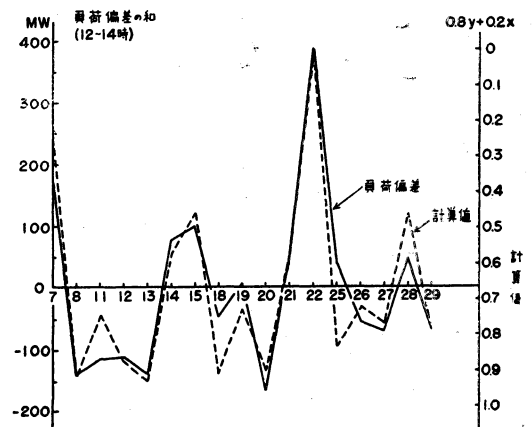
における日々変化を比較したものである。ただし、照度の資料がなかったので、東京におけるロビッチ日射計の資料で代用した。これを見て、大体わかることは3つの線はかなり一致した傾向をもっているということである。しかし、それぞれ偏差と日射量、偏差と気温だけでは少し違い過ぎる。それならば、気温と日射量ほどの割合で偏差に寄与しているか？

これをしらべるために次のような操作を施した。まず、気温および日射量の平均からのずれを計算し、それぞれのずれの標準偏差を計算し、ずれをその値で割り算する。このようにすると気温・日射量ともに無次元の量になり、しかもずれの値をほぼ1~1の間に収めることができる。そこで、このノルマライズした気温および日射量のずれを10:0, 8:2, 6:4, 4:6, 2:8, 0:10の比率で合成し、その合成値と負荷偏差との相関係数をとってみる。その例が第3図である。この図をみると8:2

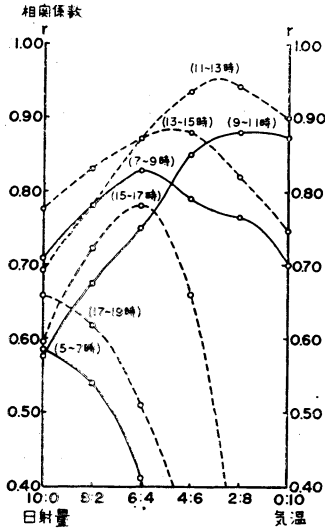


第3図 日射量と気温の変動を種々の比率で合成した量と負荷偏差との相関(相関一比率曲線)

のところで最も高い相関を示している。これから気温および日射量が8:2の割合で偏差に寄与していることがわかる。ついでに、第4図に8:2で合成した計算値と実際の負荷偏差とを比較した図を示す。

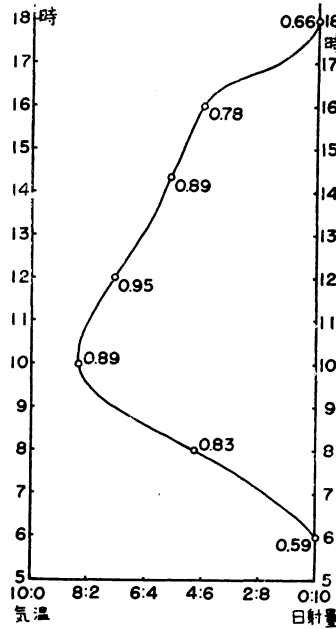


第4図 負荷偏差と気温・日射量が8:2で合成した計算値。横軸はウィーク・デーの日付



第 5 図

相関一比率曲線の日変化  
—— 午前 …… 午後



第 6 図

気温と日射量が負荷偏差に寄与する比率の日変化。縦軸は時刻(曲線に沿って記した数字は相関係数の値)

さて、このような操作を日の出(午前5時)から2時間毎に区切って、日没(午後7時)まで行くと、先の相関一比率曲線の変動がわかる。(第5図)これをみると Optimum ratio (相関の最も高い比率)が時間と共に移り変わって行くのが判る。この Optimum ratio を追跡した図が第6図である。したがってこの図は気温と日射量の偏差へ寄与する割合を示したもので、これをみてわかるように朝方と夕方は圧倒的に日射量に左右され、昼間は気温が大きな部分を占めることがわかる。とくに気温の占める割合の大きいのは午前10時で、それ以後午後5時までかなり高い割合を示す。これは気温に左右される電気は家庭内の使用のものではなく、製造工場などであることを裏書きしている。

次に第1図におけるD部分の変動について述べよう。前にも記したようにこの部分は消灯時の変動によるもので、雨が大きな作用をなすようである。第7図にその結果を示す。

§ 5. 天気要素の占める割合

第6図の相関一比率曲線でも一つ明瞭なことは、Optimum ratio における相関係数の値がこれまた連続的に変化しているということである。一般に相関係数の値が高いということは、2つの曲線が似ているということ、低いというのは似ていないということ、さらに別の言葉でいえば、似ていないということは考慮外の要素がかなり大きいということである。つまり相関係数は未考慮の要素がどれくらいあるかという目安を与える。もう少し詳しく議論すると、例えばXという量があった(この場合電力負荷の偏差)これが

A という要素(この場合は気温と日射量を Optimum ratio で合成した量)と B という要素(これが未考慮の要素)で構成されているとする。すなわち

$$X = \alpha A + \beta \cdot B \dots\dots\dots(1)$$

ここに  $\alpha:\beta$  は A と B との比率で

$$\alpha + \beta = 1 \dots\dots\dots(2)$$

を満足するものとする。また、A, B はそれぞれノルマライズしてあり

$$\sum A^2 = \sum B^2 \dots\dots\dots(3)$$

とする。

そこで、前章で行ったように X と A との相関係数をとる。その値を r とすれば、相関係数の定義により

$$r = \frac{\sum X \cdot A}{\sqrt{\sum X^2} \cdot \sqrt{\sum A^2}} \dots\dots\dots(4)$$

となる。ただし、X および A の平均値は 0 になるようにあらかじめとっておく。

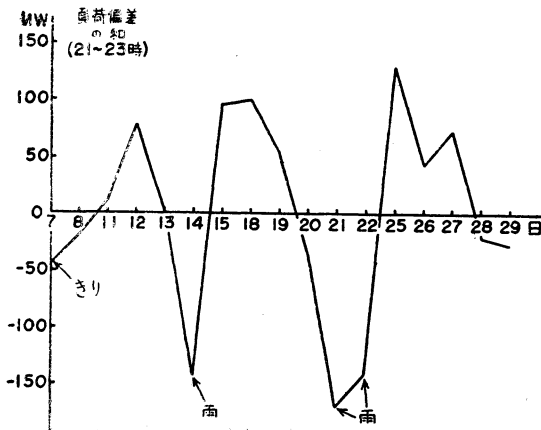
(4)の X に(1)を代入し、(3)を考慮すれば

$$r = \frac{\sum(\alpha A + \beta B) \cdot A}{\sqrt{\sum(\alpha A + \beta B)^2} \cdot \sqrt{\sum A^2}}$$

$$= \frac{\alpha \sum A \cdot B}{\sqrt{\alpha^2 \sum A^2 + \beta^2 \sum B^2 + 2\alpha\beta \sum AB}} \dots\dots\dots(5)$$

となる。さて、ここで A と B とはお互に全く無関係な量と考えれば、A と B の相関は 0 となり、したがって(5)は

$$r = \frac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}} = \frac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2 + (1-\alpha)^2}} \dots\dots\dots(6)$$



第 7 図 D 部分の負荷偏差の変動と天気状態の関係

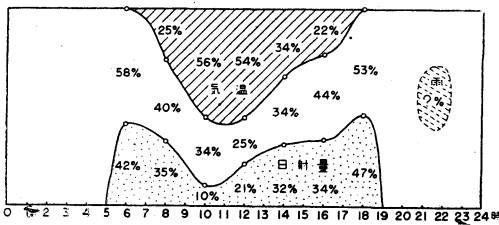
あるいは

$$\alpha = \frac{r[r - \sqrt{1-r^2}]}{2r^2 - 1} \dots\dots\dots(7)$$

が得られる。この(7)は相関係数  $r$  が判れば、 $A$  の要素が  $X$  の中で占める割合を与える関係である。これで計算すると下表のごとくなる。

相 関 係 数( $r$ )	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75
その量の占める割合( $\alpha$ )	1.00	0.75	0.68	0.62	0.57	0.53

さて、そこで再び電力負荷の問題にかえて、この関係を適用すると、電力負荷の偏差に与える天気要素の寄与は第8図のようになる。このように、まだ未知の要素



第8図 気象要素が負荷偏差に寄与するパーセンテージ  
横軸は時刻。白紙の部分は不明

はかなり大きい。しかし、この図からはっきり云えることは、天気要素の変動が負荷の変動の主なる原因になっているということである。

§6. あとがき

この他に天気要素の変動量と負荷の変動量との比が時間的にどのように変わるか、すなわち負荷の感度の問題があるが、ここには省略する。

前章の未知の要素に関して、東電給電課長上之門氏から有益な教示を賜った。すなわち電力が過剰のときは一部を昭和電工に廻すというような給電の特殊な操作があり、それが10%ぐらいを占めるということである。また、サイクルの変動が標定電力を狂わすというようなこともあるらしい。これらの点に関しては今後調査を進める予定である。

最後にこの研究に助言を頂いた東電の皆様および東大地球物理学教室の諸氏、とくに正野教授、磯野助教授、並びに資料収集の労をお願いした東電給電課の米山氏、中央気象台日射量係鈴木氏、栗原氏に謝意を表す。また、図のトレースをお願いした東大藤木氏に感謝する。

文 献

1. Corey, C. P., 1949 : The Effects of Weather upon the Electric Power Systems. Bull. Amer. Met. Soc. 30 239~241.
2. Dryar, H. A., 1949 : Load Dispatching and Philadelphia Weather. Ibid. 30 159~167
3. 東京通商産業局需給課給電係, 1955 : 天候の需用に及ぼす影響について, 需給業務参考資料 No. 13.
4. 東京電力株式会社, 1954 : 給電月報 昭和29年5月分

(トラフの決め方について)

米国で発行されている Synoptic weather maps の 500mb 天気図を見ると1952年以降トラフの位置が従来と変わっており種々問題になっている。

従来トラフは、同一緯度圏で気圧最低の点をつらね、そのほか曲率などもあわせ考慮に入れて決められて来た。おなじく米国で発行されている Monthly Weather Review の月平均天気図は、いまなお従来の方法で決められているようである。等高線だけから見ると、この方法に不合理はないが、地上の天気などとの関係を考えると相当に問題がある。たとえば垂直断面図解析で決められる不連続面の位置と、従来の方法によるトラフの位置とは明かに異なっている。これらの問題については、

すでに中央予報課で数次にわたってトラフ検討会が開かれ、この要旨も発表されているのでここでは省略する。

新しいSynoptic weather maps をみると、トラフの位置は、従来のトラフの前面でソレノイド場の顯著なところに引かれており、トラフというよりは不連続線に近いようである。(これについては正確な文けんを未だ手に入れていないので、憶測であるが)、さてトラフの位置がどのように決められようと、定義だけの問題で意に介する必要はないようであるが、天気との対応の外にいま一つ筆者の気に懸るのはトラフの速度のことである、たとえば寒気の強いout burst のあったときなどは、従来の

トラフの位置と、この種の不連続線トラフの位置との食い違いが大きくなることがある。すなわちトラフは北半球上を従来のトラフとの位置の差が開いたり狭まったりしながら進行するものと思われるのである。

大気がだいたいバロトロピックであることは数値予報の経験からも言えることであり、ロスビーの波動論も充分理論的根拠がある。これに基づいた(?)従来のトラフの概念も立派に存在理由のあることはいうまでもない。あるいは上述の問題も Long wave と Short wave の問題として片ずけてよいであろうか。これまでの垂直断面図解析の経験からは、多少の異議もありそうである。

(広瀬元孝)