

系統火力の差引負荷継続曲線の推定

—流し込み式水力を新設する場合—

正員 大久保 達郎*
須山 武司**

THE METHOD OF OBTAINING THE RESIDUAL LOAD DURATION CURVE OF THE PROJECT POWER AFTER THE COMPLETION OF A RUN-OF-RIVER HYDRO-POWER

By Tatsuro Ōkubo, C.E. Member and Takeshi Suyama

Synopsis: The method of obtaining the residual load duration curve of the project power is developed in case of planning the electric power generation of a large combined hydro-steam power system, after the completion of a new run-of-river hydro-power.

要旨 水火力を併用する大電力系統の発電計画に際し、流し込み式水力を新設した場合の残余の負荷継続曲線を見出す方法を検討したものである。

1. 新設発電所の負荷

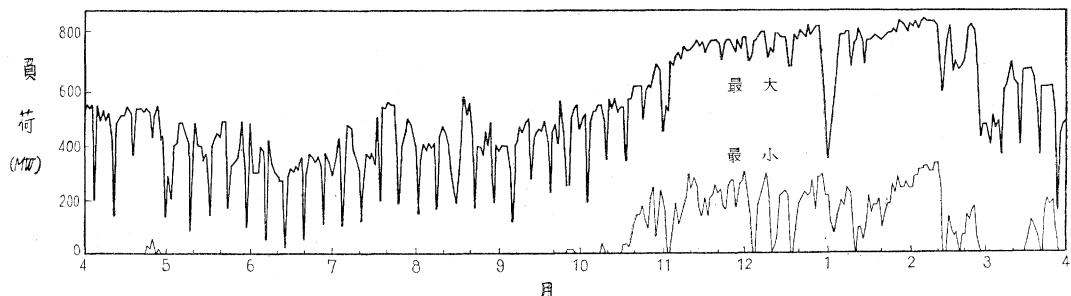
各種発電方式の経済的比較の基準となるものは火力発電であるから、水火力を併用する大電力系統の発電計画に際しては、想定せられた需要の増加分を含んだ将来の総負荷に対し、既設の水力の流量、設備および性能を最も有効に活用してその分担する負荷を定め、これを差し引いた残りの負荷、いわゆる差引負荷を一応全部既設および新設の火力が分担するものとし、かかる後その一部を新設の水力で置きかえることの経済的得失を究明すべきである。

火力の分担する負荷を表わすには出力および発電電力量のみでは不十分であつて、負荷の形も必要であるから、発電計画に際し負荷としては負荷継続曲線がその対象となる。

新設の水力が流し込み式の場合、その分担する負荷は経済原則よりして差引負荷の基底部となるのであるが、水火力を併用する大電力系統の発電計画に際しては上記のごとく流し込み式自身の受け持つ負荷継続曲線は無意味であつて、差引負荷に対しこれを除いた残余の差引負荷（火力）の継続曲線を知る必要がある。

過去の年度においては系統の火力がこの差引負荷に相当するのであるが、ある年度におけるある系統の火力の

図-1 火力の日々の最大最小出力曲線



日々の最大および最小負荷を暦日の順に1カ年を通じ配列した負荷曲線を示せば図-1のごとくであり、豊水および渴水期における系統の火力の日負荷曲線を示せば図-2のごとくであり、またその負荷継続曲線を示せば図-3のごとくである。図には同時に山元総需要、水力および余剰水力の各単独継続曲線をも示してある。

これより明らかなどとく、火力の負荷は日曜、祭日に急減するのみならず平日においても日々相当変動しているのであるから、特定の日または期間の負荷曲線またはその継続曲線では年間の負荷の状況を忠実に表わすこと

* 工学博士、京都大学教授、工学部電気工学教室

** 京都大学助教授、工学部電気工学教室

図-2(a) 火力の日負荷曲線(5月)

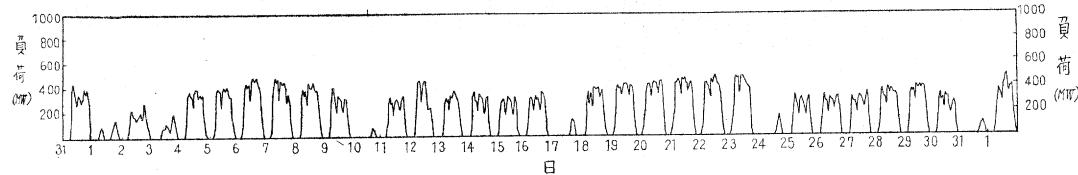
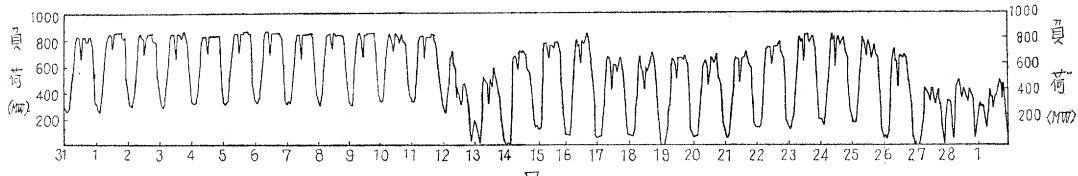


図-2(b) 火力の日負荷曲線(2月)



はできないと考えられ、負荷としては1カ年間毎時の実績を全部使用する必要がある。

しかしながら、将来の年度に対して1カ年間の差引負荷の日負荷曲線を予想することは困難であるから、予想の可能なその月負荷継続曲線にもとづいて所期の結果を導き出す必要がある。すなわち上記のごとく過去の年度における系統の火力が差引負荷に相当するのであるから、その実績日負荷曲線について算定して得られた結果とその月負荷継続曲線とを結びつける普遍的な方法を見出し、これをを利用して計画年度において想定される月負荷継続曲線のみより所期の結果を見出すべきである。

水力についても同様であつてその発電力は日々変動するのであるから、その出水の状況を表わすためには1カ年間日々の値を全部知る必要があるが、将来の年度に対してこれを予想することは比較的困難であるから、月平均可能発電力(流量)にもとづいて所期の結果を見出す必要がある。

なお、計画年度における系統の総需要の月継続曲線およびこの系統の月平均可能発電力が与えられた場合、差引負荷の継続曲線を見出す方法については文献1)を参照されたい。

また水力発電所の月平均可能発電力(流量)の算定法については文献2)を参照されたい。

2. 流し込み式水力の発電電力量と残余の月負荷継続曲線

差引負荷としてはある系統の火力の過去2カ年間の毎時の出力の実績を全部使用し、流し込み式水力としてはこの系統における既設の流し込み式水力の一地点を選びこれを新設

図-3(a) 負荷(山元総需要)・水力・火力・余剰水力の各単独継続曲線(5月)

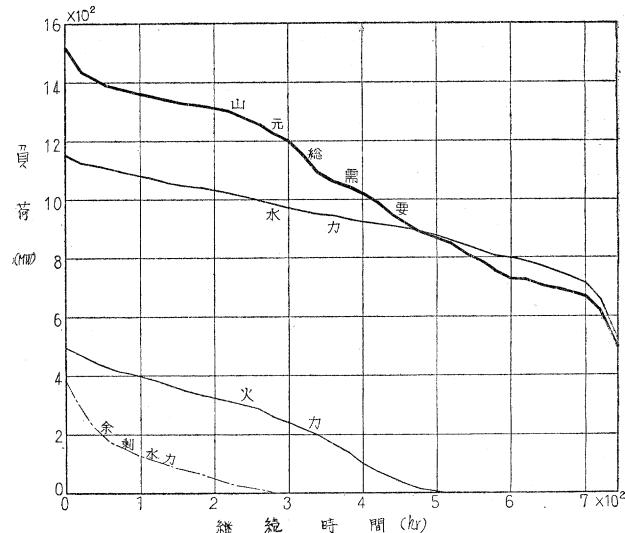
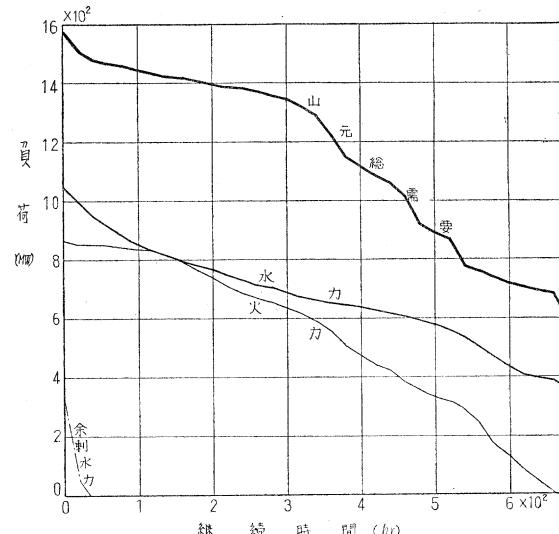


図-3(b) 負荷(山元総需要)・水力・火力・余剰水力の各単独継続曲線



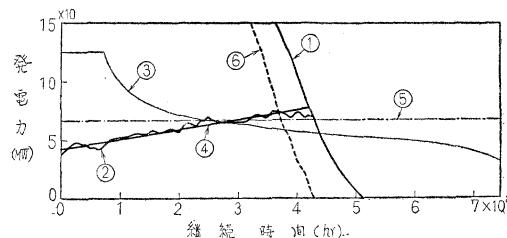
の水力に見立て、同年度の2カ年間の毎日の日平均流量を使用し、25 MW の容量のユニットを1~5台設備するものとした。その流量1-1発電力曲線を示せば図-4の実線のごとくなる。

上記のごとく、流し込み式水力は差引負荷（系統の火力）の基底部を分担するものとし、その残余の負荷の月継続曲線並びに差引負荷の月継続曲線との縦軸差を示せば図-5のごとくなり、またこれを年間に総合すれば図-6のごとくなる。月継続曲線としては紙面の都合上この系統の豊水期の5月と渇水期の2月のみを示してある。

これより明らかなどとく、本例においては各月の両継続曲線の縦軸差は実用上右上りの一直線で近似することができる。

一般に差引負荷は系統の総負荷から水力を差し引いたものであるから、水力の可能発電力の大なる日には火力に要求される出力は小さくなり、またこれとは反対に水力の可能発電力の小なる日には大となる傾向があるから、差引負荷の継続曲線と流し込み式水力を新設した後の残余の負荷の継続曲線との縦軸差は右上りの傾向を示す。

図-5(a) 流し込み式水力新設後の残余の差
引負荷継続曲線と元の差引負荷（火
力）継続曲線との縦軸差（5月）



- ① 差引負荷継続曲線
- ② 縦軸差
- ③ 流し込み式水力の可能発電力継続曲線
- ④ ②に等価な直線
- ⑤ 月平均可能発電力
- ⑥ 残余の差引負荷継続曲線

図-4 流量—発電力曲線

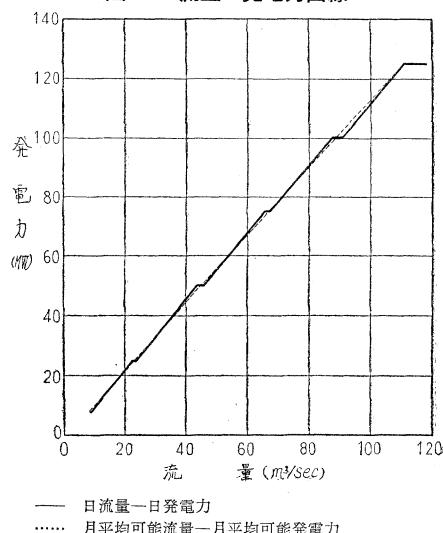
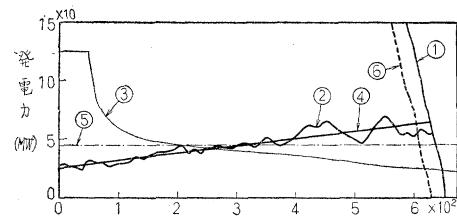
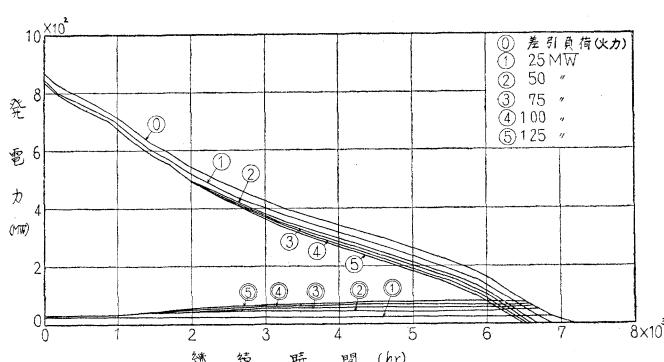


図-5(b) 同左
(2月)



- ① 差引負荷継続曲線
- ② 縦軸差
- ③ 流し込み式水力の可能発電力継続曲線
- ④ ②に等価な直線
- ⑤ 月平均可能発電力
- ⑥ 残余の差引負荷継続曲線

図-6 流し込み式水力を差引負荷に適用した場合の残余の年
継続曲線とその縦軸差



この直線の傾斜の程度は

- (a) 発電所の容量が小さくなるに従い次第にゆるくなり、渇水量をもつて発電所の容量とする 25 MW の場合は月平均可能発電力の線と一致し水平となる。
- (b) 流況すなわち可能発電力の変動の小なる月ほどゆるくなる。

(c) 水力にくらべて火力の比重の重い系統ほどゆるくなる。

図-7はこの系統の総需要に流し込み式水力を適用し、上記と同様の方法により計算した結果であつて、その両継続曲線の縦軸差は一般に水平となる。

図-7(a) 山元総需要に流し込み式水力を適用した場合の縦軸差(5月)

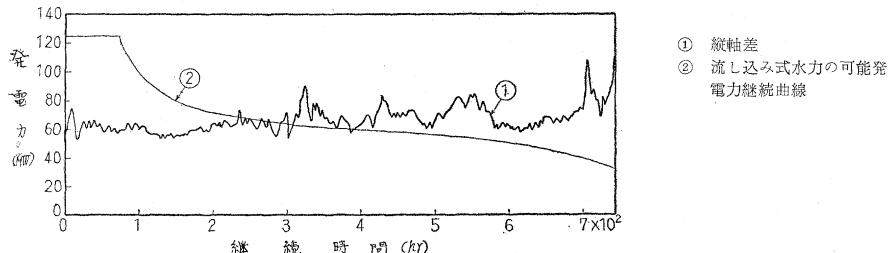
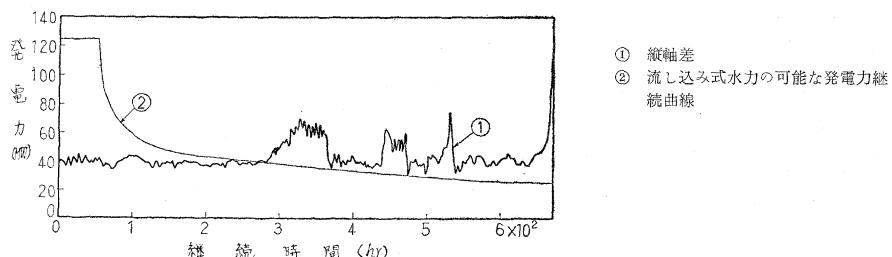


図-7(b) 同上(2月)



計画年度において差引負荷の継続曲線が与えられた場合、計画中の流し込み式水力の完成後における残余の差引負荷継続曲線を求めるには、この直線が横軸とつつむ面積すなわちこの流し込み式水力の発電電力量と、この直線の左端または右端の発電力の値を知ればよいこととなる。

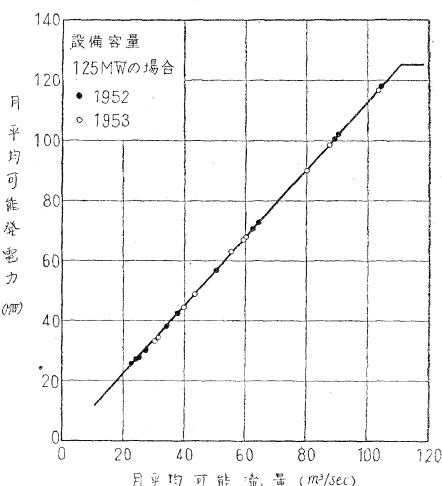
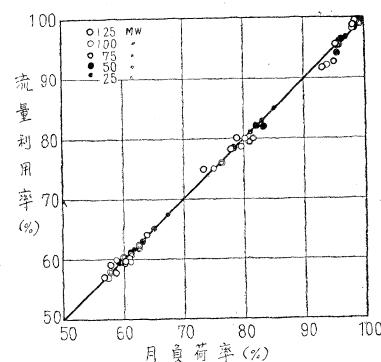
1) 流し込み式水力の発電電力量 流量利用率

$$\text{流量利用率} = \frac{\text{発電電力量}}{\text{可能電力量}} \quad \text{と定義する。}$$

上記のごとくある系統における火力の毎時の負荷およびこの系統の流し込み式水力の一地点の同年度の日平均可能発電力の実績を使つて、この流し込み式水力の流量利用率とその月負荷率との関係を示せば図-8のごとくなる。ただし、この場合の月負荷率は火力の月継続曲線の基底線からこの流し込み式水力の設備容量に等しい高さに水平線を引きその切り取る負荷の負荷率である。図-8に示す関係は流し込み式水力の月負荷率さえ同じ値であれば設備、流量、系統の負荷のいかんにかかわらず1本の直線で表わすことができるから、少なくともこの系統において需要の構成に大なる変化がなければ、将来の年度においても使用しうるものと認められる。

図-8に示す関係は流し込み式水力の日々の流量について図-4に示す関係を用い導き出したものであるが、計画年度における水力発電所としては月平均可能発電力(流量)を使用するのであるから、上記の計図-8 流し込み式水力の流量利用率算においてこの月平均可能流量と発電力との関係を示せば図-9のごとくなり、図-4の点線はこれに相当する。従つて計画年度の月平均流量と発電所の発電力との関係は日々の流量と発電力との関係曲線を図示のごとく1本の直線で表わした

図-9 月平均流量-平均発電力曲線



もので得られる。

上記の結果より計画年度における差引負荷の月継続曲線を推定すれば、計画中の流し込み式水力の各設備容量に対しその流量利用率を見出すことができ、これより発電電力量を知ることができる。

2) 残余の差引負荷継続曲線 上記のごとく差引負荷の月継続曲線と流し込み式水力完成後の残余のものとの縦軸差を図-5に示すごとく等価な一本の直線で近似し、この直線の左端および右端における発電力と流し込み式水力の月平均可能発電力との関係を示せばそれぞれ図-10, 11のごとくなり、図-11の方がよりよき相関を示している。同図は設備容量を125および100MWとした場合であるが、他の容量の場合も全く同一の曲線にて相関を表わすことができる。

図-10 (a) 縦軸差の左端の発電力

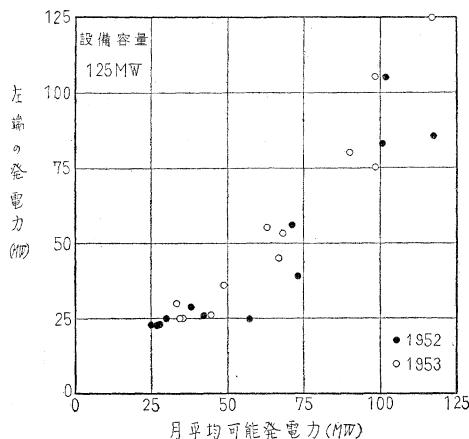


図-10 (b) 縦軸差の左端の発電力

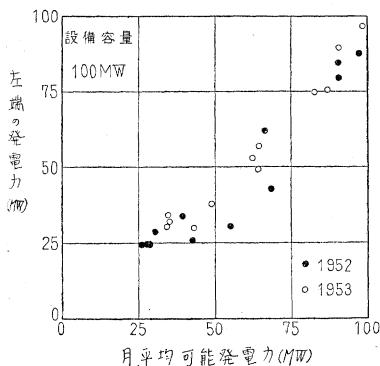


図-11 (a) 縦軸差の右端の発電力

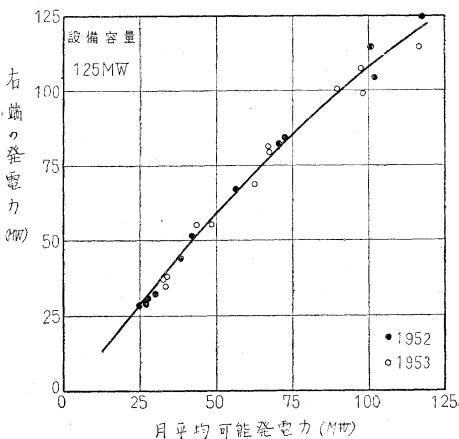


図-11 (b) 縦軸差の右端の発電力

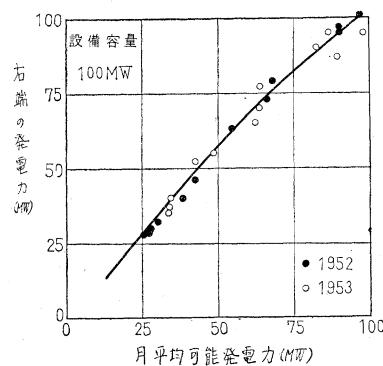


図-11に示す関係は流し込み式水力の月平均可能発電力を同じ値であれば、設備、流況および負荷のいかんにかかわらず一本の曲線で表わすことができるから、少なくともこの系統において需要の構成に大なる変化がなければ将来の年度においても使用できるものと認められる。

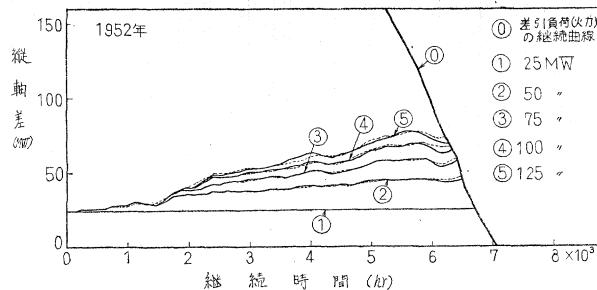
従つて計画中の流し込み式水力の各設備容量に対する月平均可能発電力がわかれば、図-5に示す直線の右端における発電力を見出すことができ、図-8から求めた発電電力量の値より図-5に示す等価な直線を引くことができ、この直線と、計画年度における差引負荷の月継続曲線との縦軸上の差より、計画中の流し込み式水力完成後の残余の差引負荷継続曲線を求めることができる。

流し込み式水力の月平均可能流量より月平均可能発電力を求めるには上記の図-4の点線で示す直線を使用する。

上記の方法は差引負荷の月継続曲線と流し込み式水力完成後の残余のものとの縦軸差を等価な直線で表わしているのであるから月別では多少の誤差を免れないが、これを年間総合すれば図-12に示すがごとくであつて、実績とよく合致する。同図は便宜上縦軸差のみを示している。

また、同図より明らかにごとく流し込み式水力においてはその設備容量を渇水量以上にとつてもただ単に系統火力の発電電力量を減少さすに過ぎず、また流し込み式水力自身の負荷継続曲線を示す(3)とこの縦軸差を示す

図-12 年継続曲線における縦軸差



②とを比較すれば明らかなるごとく、残余の差引負荷においては見かけ上その設備を十分活用していない結果となる。

3. 結 言

水火力を併用する大電力系統に流し込み式水力を新設する場合の残余の火力の継続曲線は、その差引負荷につき新設の流し込み式水力の設備容量に対する負荷率とその月平均可能発電力を知ればこれより容易に見出すことができる。

本文においては負荷としてある系統の火力の過去2カ年間の日負荷曲線および同じ年度の流し込み式水力の一地点の日平均可能発電力(流量)とを使って上記の結果を誘導したものであつて、得られた諸関係は流況および負荷のいかんにかかわらず成立するのであるから、少なくともこの系統において需要の構成に大なる変化がなければ将来の年度においても使用できるものと認められる。

水火力を併用する大電力系統に流し込み式水力を新設した場合、設備を渇水量以上にとつても火力の発電電力量を減少せしめるに過ぎず、しかも見かけ上その設備を十分活用できないこととなる。

参 考 文 献

- 1) 大久保、西原：大電力系統における計画発電力の算定法、電力経済研究所所報、第2号、1955年5月
- 2) 大久保、西原：水力発電所の平均流量および流況曲線の推定法、電気評論、第43卷、第4号、1955年12月

(昭.34.3.7)