

- 836-838. 及び *vol.* 100 *p.* 311, 1932; *West. Const. News vol.* 8 *p.* 241-246, 1933
7. „Dix River Dam, Kentucky” *Eng. News-Record, vol.* 94 *p.* 548-552, 及び *p.* 1058-1061, 1925
8. “Cogoti Dam, Chile.” *Eng. News-Record, vol.* 107 *p.* 725, 1931 及び *vol.* 108 *p.* 560, 1932; *Trans. A. S. C. E. vol.* 104 *p.* 49-52, 1939
9. “Algerian Rock-fill Dams” *Eng. News-Record vol.* 119 *p.* 889-894, 1937 及び *vol.* 120 *p.* 749-751, 1938
10. “Inland Dam, Alabama” *Eng. News-Record, vol.* 119 *p.* 357-361, 1937; *Trans. A. S. C. E. vol.* 104 *p.* 47-49, 1939
11. “Bonito Dam, New Mexico” *West. Const. News vol.* 7 *p.* 501-504, 1932
12. “Tepuxtepec Dam, Mexico” *Civil Eng. vol.* 4 *p.* 524-528, 1930; *Trans. A. S. C. E. vol.* 104 *p.* 75-83, 1930
13. “Second Steel-Faced Dam Built for Colorado Springs” *Eng. News-Record, vol.* 117 *p.* 599-603, 1936 以上  
(ロックフィル・ダムの具體例に關しては會誌前號『ナンタハラ・ロックフィル・ダム』の記事を参照されたい。編輯部)

## 揚 水 發 電 所 に 就 て

正員 新 井 義 輔\*

1. 概説 電氣の需要即ち負荷の、季節的又は時間的變動に對照して河水を有効に利用する方法として、貯水池又は調整池を施設することの極めて有利であることは今更云ふ迄もないが、この貯水池、調整池は河川の自然流量を取入れ、その餘剰水量をそのまま貯溜するものであるが、これを揚水に依つて貯溜することもできる。

この様に揚水により貯溜した水を使用して發電するものを一般に揚水發電所 (*Pumped storage power plant*) と云ふ。

揚水發電所は初めスイス及びイタリーの山岳地帯で始めて行はれた一種の電氣エネルギーの蓄積法であつて、高所に貯溜池を築造し得るか、又は天然の湖沼がある場合に、深夜間又は豊水期の低負荷時の餘剰電力を利用してポンプを運轉し、水壓鐵管を通じて、低所の貯溜池又は河川の水を高所の貯溜池に揚水し、尖頭負荷時又は渇水期等の重負荷時にこの水を利用發電するものであつて、電氣エネルギーを水の有する位置のエネルギーに轉換して置き、必要時に發電する方式である。

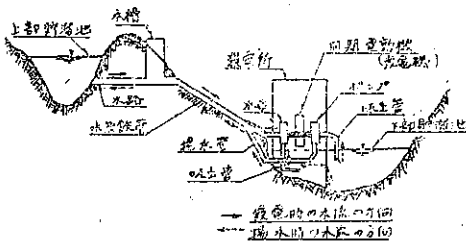
従つて揚水發電所も調整池型、即ち日々の輕負荷時

の餘剰電力により揚水し、これをその日の尖頭負荷時に使用するものと貯水池型、即ち貯水池への自然流入量を補ふため一年の中の豊水期又は輕負荷時の餘剰電力により揚水し、これを冬季又は夏季の渇水期に使用するものとに大別される。

揚水發電所の設備としては、揚水時のポンプ、電動機及び揚水管、發電時の水壓鐵管、水車及び發電機であるが、揚水管はポンプと水壓鐵管との間は別に送水管を設けるが主要部分は發電時の水壓鐵管を代用し、又電動機には同期電動機 (*Synchronous motor*) を使用して發電時には發電機として使用するものが多い。従つて同期機を中央に、ポンプと水車をその左右に置き、軸聯結器によつて同期機はポンプ又は水車のいづれにも直結し得る様にし、これらの機器を同一床面に置く場合が多いが、ポンプと電動機、水車と發電機とを夫々獨立させ、横軸又は豎軸にする場合もある。何れの型式を採用するかは揚程、揚水量及び其他の條件で決定される可きものである。この外に水路の途中に於て湍流を揚水して發電に使用する場合は、揚水した水を他の方向に高落差に使用する場合がある。この場合は勿論揚水機器と發電機器とは全然別個に施設することは云ふ迄もない。(圖参照)

\* 商工省電力局

揚水発電所一般圖



2. 經濟價值 揚水發電の場合その發電所のみ  
の能率を求めてみるに、今揚水量を  $Q_u$ 、平均落差を  $H$ 、  
揚水する際の損失水頭を  $h_w$ 、電動機及びポンプの能率  
を夫々  $\eta_m, \eta_p$ 、揚水時間を  $T_u$  とし、發電時の使用  
水量を  $Q$ 、損失水頭を  $h$ 、發電機、水車の能率を夫々  
 $\eta_g, \eta_r$ 、發電時間を  $T$  とすれば  
揚水に要する KWH  $P_u$  は

$$P_u = 9.8 Q_u (H + h_w) \frac{1}{\eta_m} \cdot \frac{1}{\eta_p} \times T_u$$

又發電し得る KWH  $P$  は

$$P = 9.8 Q (H - h) \eta_g \eta_r \times T$$

従つて揚水電力に對する發生電力の割合、即ち揚水  
發電所の能率  $\eta$  は

$$\eta = \frac{P}{P_u} = \frac{Q(H-h) \eta_g \eta_r \eta_m \eta_p \cdot T}{Q_u(H+h_w) T_u}$$

然るに總揚水量は總發電水量に等しいのであるから

$$QT = Q_u T_u \quad \therefore \eta = \frac{H-h}{H+h_w} \eta_g \eta_r \eta_m \eta_p$$

今機軸の能率の平均値として、 $\eta_g = 0.96$ 、 $\eta_r = 0.86$ 、  
 $\eta_m = 0.95$ 、 $\eta_p = 0.85$  とすれば

$$\eta = 0.60 \frac{H-h}{H+h_w}$$

$H-h/H+h_w$  は一般に 1~0.9 の間にあるから、揚  
水發電所の能率は概略 60~66% である。更にこれに  
受電側の送變電損失及び發電側の送變電損失を考へれ  
ば、更に能率は低下し、50~60% となる。

従つて單獨の調整池型揚水發電所が經濟的に成立し  
得るや否やは、その時の經濟狀勢即ちこれに匹敵する  
火力發電所の建設費並びに石炭費の高低、電力需給の  
狀況即ち揚水に利用し得る餘剰電力が一年を通じ毎日  
あるかどうか、及びその分擔する負荷が尖頭負荷中の  
負荷率の極めて低い部分であるかどうか等によるもの  
であるが、これを純土木技術的の面から見れば、

(1) 建設費の低廉なること。

(2) 上下兩貯水池間の落差大なること。

(3) 發電地點が負荷の中心に近いこと。

等である。

一方貯水池型揚水發電所で既設發電所の多數施設さ  
れておる河川の上流部に設けられたものではその能率  
は、各既設發電所の有効落差を夫々  $H_i$ 、發電機、水  
車の能率を夫々  $\eta_{gi}, \eta_{ri}$  とすれば前と同様に

$$\eta = \frac{(H-h) \eta_g \eta_r + \sum H_i \eta_{gi} \eta_{ri}}{H+h_w} \eta_m \eta_p$$

となり、 $\eta_{gi}, \eta_{ri}$  は略々一定であるから  $\sum H_i$  が大なる  
程有利である。我國のこの種の揚水發電所として有名  
な池尻川及び小口川第三發電所では夫々  $H = 80$  m  
及び 650 m に對し、 $\sum H_i = 50$  m 及び 1050 m であ  
つてその能率は夫々 43.3%、87.0% に達する。

従つてこの貯水池型揚水發電所は地理的條件にさえ  
恵まれれば揚水電力に多少の經費を要しても尙且つ有  
利である。

現在の日本の狀況では豊水期の深夜間以外は餘剰電  
力は殆んどなく、渇水期に到つては強度の制限を行つ  
て居る狀況であるから、戦前のドイツの様に、石炭及  
び火力設備の節約のために基底負荷を火力にとらせ、  
一日中平均して火力發電を行ひ、それによる深夜間電  
力で揚水、發電して日々の尖頭負荷を分擔させる方法  
は石炭の絶對的に不足して居る現状では到底考へられ  
ない。従つて日本の現状では調整池型揚水發電所は不  
適當であるが、年間を通じては豊水期の餘剰若しくは  
比較的廉價な電力があるのであるから、これを利用して  
揚水貯溜し、渇水期に發電する貯水池型揚水發電所で  
下流に既設發電所を多く有して居る様なものは極めて  
有利であつて、現下の石炭不足に對處する方法として  
貯水池と並び考慮せらる可きものである。

3. 既設の實例 日本に於ては前にも述べた様に貯  
水池型揚水發電所として池尻川、小口川第三の發電所  
があるのみで、調整池型のものは現在迄未だ設置され  
て居ない。世界各國の著名な揚水發電所を擧げれば附  
表の如くである。

次に目下日本發電で調査中の沼澤沼揚水發電所  
の計畫概要を簡単に説明する。

沼澤沼發電所は只見川本流に施設された宮下發電所  
(最終出力 64,200KW, 第一期 32,100KW, 現在 13,500  
KW 發電中) の調整池を下部貯溜池とし、これより  
約 220 m 高所にある沼澤沼を上部貯溜池とする渇  
水尖頭負荷用即ち貯水池型揚水發電所であつて、最大



43,600 KW, 最小 34,700 KW を発生させ様とするもので、これにより濁水期の阿賀野川水系の発電所、宮下、新郷、山郷、豊賀、鹿瀬の各発電所の出力を増加せんとするものである。

その能率はこの発電所のみの場合 67%、下流既設発電所を考へた場合 120% である。更に下流の未開発地点を考へれば 140% 程度に上昇する。

その使用水量及び揚水量は次の様にして定めた。沼澤沼は最大水深 95 m, 全容量  $193.8 \times 10^6 \text{ m}^3$  であるが、利用水深を 30 m とし  $85.2 \times 10^6 \text{ m}^3$  を利用する。この有効容量を冬期濁水期間 12 月 15 日より 3 月 15 日迄の 90 日間の中日曜日及び祭日の計 20 日を工場休電日として差引いた實際運転は 70 日で使用するものとすれば、猪苗代送電系統の尖頭負荷継続時間は余裕を見れば 14 時間と考へられるから、平均発電使用水量  $Q$  は

$$Q = \frac{85,200,000}{70 \times 14 \times 60 \times 60} = 24.2 \text{ m}^3/\text{sec}$$

となる。

次に揚水量は猪苗代送電系統の濁水期剰余電力は最近の實績によれば  $220 \times 10^6 \text{ KWH}$  程度であり、ポンプ運転可能時間は大體 2600 時間である。従つて平均揚水量  $Q_u$  は

$$Q_u = \frac{85,200,000}{2600 \times 60 \times 60} = 9.7 \text{ m}^3/\text{sec}$$

となる。Load factor を 90% とし  $Q_{max} = 10 \text{ m}^3/\text{sec}$  とし居る。

揚水ポンプ所要電力は 24,500 KW の設備と  $66 \times 10^6 \text{ KWH}$  の電力量を必要とするのであるが、濁水期の剰余電力は前述の様にこの 3 倍以上あるので充分である。

尙この計算には沼の流域は小さいので安全のため自然流入量は考慮して居ない。(完)

## 南ボルネオの河港ナガラ (Negara) 港の潮汐に就て

正員 坂元左馬太

**要旨** 本文は筆者が南ボルネオ・ウルスンガイに滞在中昭和 19 年 10 月(乾期)及び昭和 20 年 4 月(雨期)に行つたナガラ港の水位観測に就て記憶によつて記述したものである。

### ナガラ港の位置



記録は終戦後全部焼却せられたので数字を示すことは不可能である。唯乾期に於て甚だ顯著な潮汐が雨期に於ては絶無であること、河身に沿ひ約 250 km もの奥地まで感潮することを明かにした

に過ぎない。

### 1. 緒言

ナガラ町 (Kota Negara) は南ボルネオに於ける大川の一、バリト河 (S. Barito) 中流の一支流にある小都市で昔から鍛冶の町、製材の町、華僑の居ない町 (南洋では珍らしく) として知られ、物資集散の地方的中心地である。バリト河は略ぼ東經 115 度の線に平行に北より南に流下し、大小無数の支流を合せてジャワ海に注ぐ。河口は淺く 50 呎程度の汽船も潮待ちしなければならぬ程であるが一度河に入ると數百軒の間水深 10 米前後もある。

ナガラ町はバリト河の支流ナガラ河を挟んで發達した町で、雨期には主要道路のみが水上にあり、民家は柱によつて水上に建つて居る。ウルスンガイ (バリト中流域一帯の稱) の雨期は 11 月頃から翌年 5 月始めまで、乾期は 6 月頃から 10 月の終り頃までである。