

報 文

UDC 627. 843

国有鉄道信濃川小千谷発電所の水槽について

正 員 上 田 健 太 郎*

ON THE HEADTANK OF OJIYA POWER PLANT OF J. N. R.

(JSCE May 1952)

Kentaro Ueda, C.E. Member.

Synopsis Ojiya hydraulic power plant was designed as the 3rd and 4th stage construction works, which is a part of the Shinano River development project by Japanese National Railways. The 3rd stage works was started in October 1948, a part thereof, was accomplished in August 1951, and the plant has been generating 50 000kW power since then.

The headtank of which is designed to be suitable for the speciality of the power for electrification zone near Tokyo, therefore its type differs considerably from ordinary ones. In this paper the author explains its structure and function.

要旨 小千谷発電所の水槽は国鉄電気運転用電力の特殊性に適合するよう案出されたもので、普通のヘッドタンクとはかなりその形状を異にしている。本文に於てはこの水槽の機能と構造につき説明する。

I 概 説

東京を中心とする関東、東海道一帯の国鉄電気運転用電力を供給する目的のために、信濃川千手発電所が建設せられたが、電化計画の進展と輸送量の増加に伴い、昭和 23 年秋からその下流の小千谷発電所の工事に着手し、昭. 26. 8. 1. にはその一部を完成し常時 50 000 kW の発電を開始した。本件に関しては土木学会誌 37—1 所載の「国鉄小千谷発電所工事について」(執筆 藤井松太郎氏)に於てその計画及び工事の全般が述べられているので、本稿に於てはその内の水槽について更に説明を加え大方の御批判を仰ぐ次第である。

水槽の構造は負荷の形状と千手発電所の運転方法とに関係があるので、まづ説明の基礎資料として千手及び小千谷両発電所の概要を列記する。

(a) 千手発電所

形 式：調整池を有する水路式

取 水 量：常時 110m³/sec 最大 220m³/sec使用水量：最大 250m³/sec調整池容量：820 000m³

有効落差：約 53 m

出 力：常時最大 90 000 kW

最 大 120 000 kW

(b) 小千谷発電所

形 式：調整池を有する水路式

取 水 口：千手発電所放水路より取水

取 水 量：(第 3 期工事)水路 1 条完成の場合
120 m³/sec

(第 4 期工事)水路 2 条完成の場合

240 m³/sec

使用水量：水路 1 条完成の場合

最大 180 m³/sec

水路 2 条完成の場合

最大 300 m³/sec調整池容量：1 000 000m³

有効落差：約 48 m

出 力：常時最大 75 000 kW

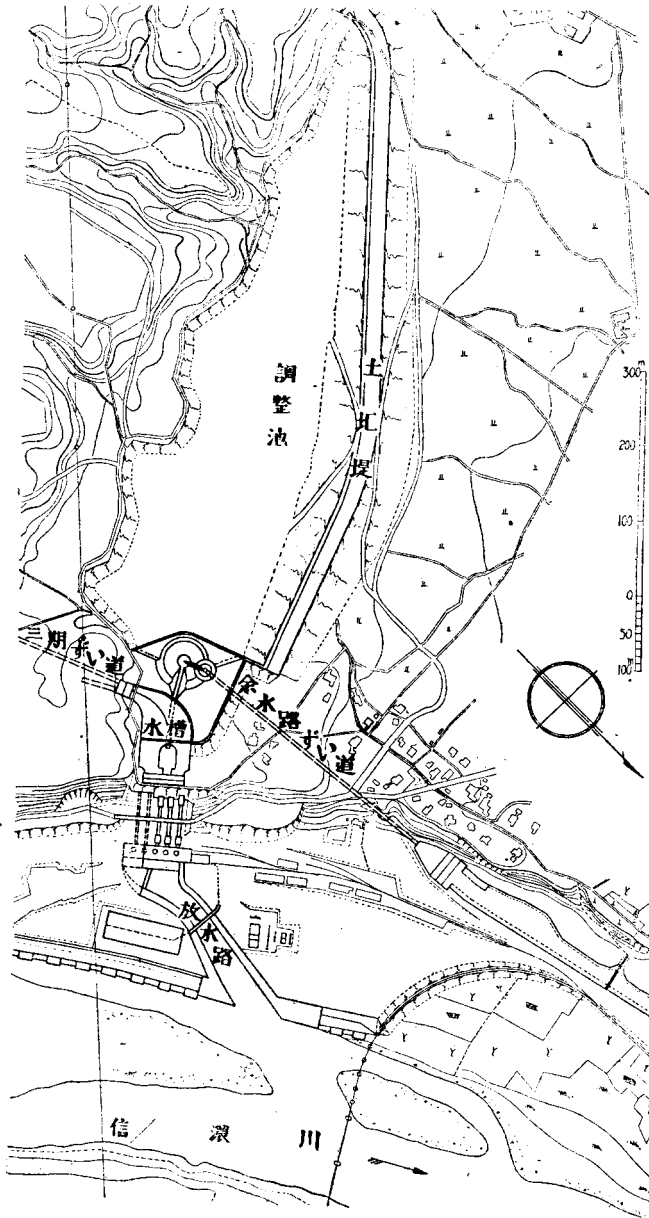
最 大 125 000 kW

両発電所によつて東京近郊の運転用電力の大部分を供給し、不足電力は火力によつて補給することになるが、この場合の負荷及び両発電所の出力は図—2 に示される。

図—2 に示されたものは小千谷発電所の水路が 1 条のみ完成した場合で、しかも河川流量が 110 m³/sec の渇水時で、この時の補給火力は約 20 000 kW であるが、河川流量が 130 m³/sec に増加すると火力の補充は必要としない。更に河川流量が増加すれば発電量には余裕ができ、国鉄以外の一般需要に応ずることも

* 国鉄信濃川工事事務所次長

図-1 小千谷発電所附近平面図

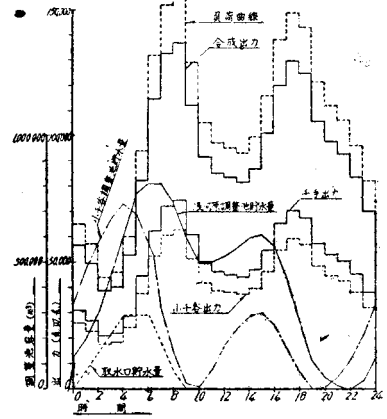


可能である。

以上のように負荷率の悪い運転用電力を出来るだけ両水力発電所によつて賄うためには、千手発電所も負荷に応じた発電をしなければならず、その放水量は刻々に変化する。従つて小千谷発電所の取水量はこの変化する放水量に支配されると同時にその取水口の容量にも制限され、千手、小千谷間の時間的ずれの関係もあり、小千谷には是非これを再調整する調整池を必要とする。この調整池は発電所の直上の水槽に隣接して造られる。従つて水槽はヘッドタンクの用をすると同

図-2 第3期工事竣功後の両発電所の発電量(湯水時)

	第3期工事完成時の発電量	第2期工事完成時の発電量	全容量
1日発電量	276,800 kWh	970,000 kWh	1,246,800 kWh
平均	49,000 kWh	175,000 kWh	224,000 kWh
調整池水	75,200 kWh	68,100 kWh	143,300 kWh
最高量(%)	44.9	46.9	44.9



時に調整池への連絡部ともなり、調整池からの発電にも都合のよいように工夫されている。

II 水槽の機能と構造

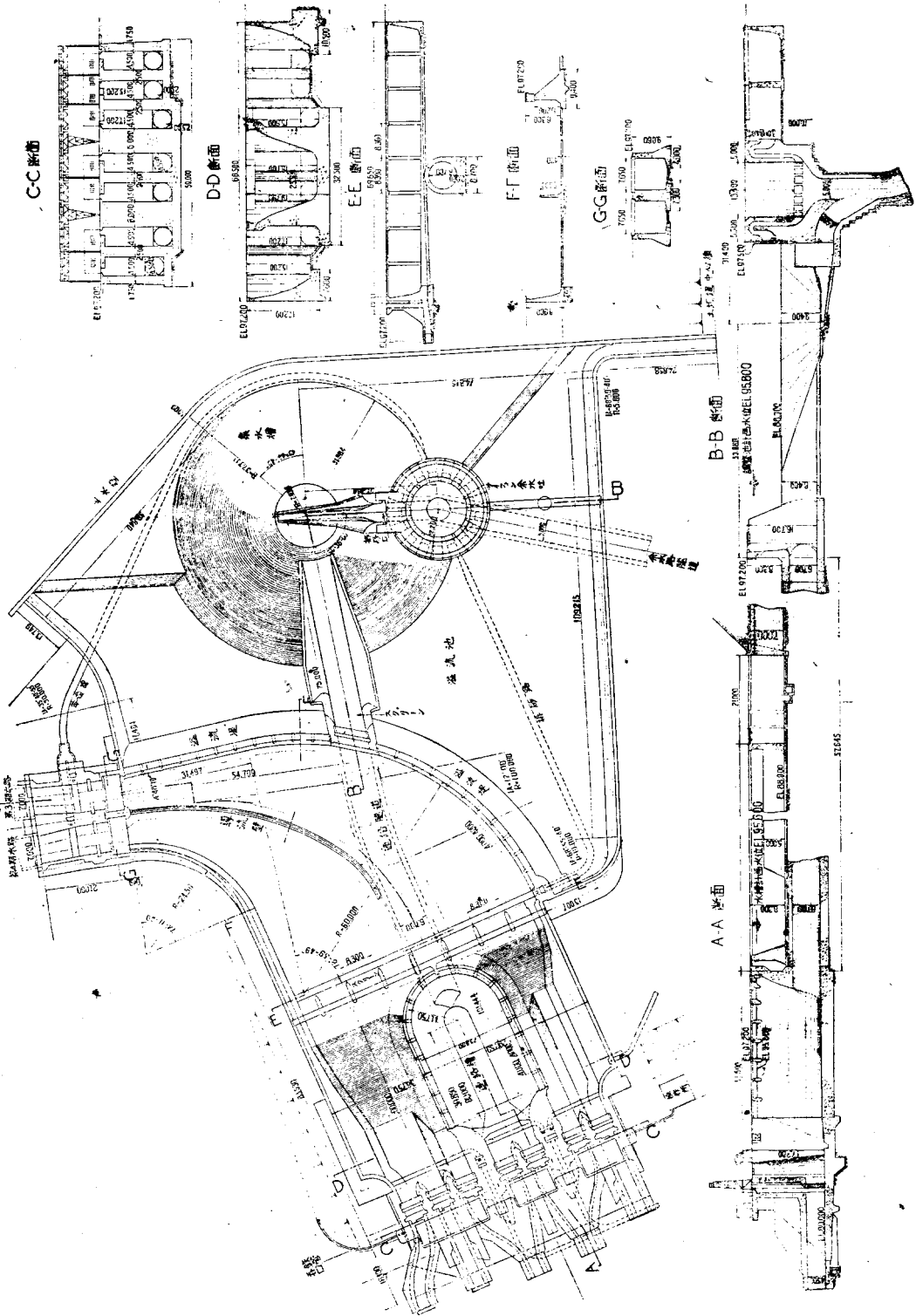
水槽の機能と構造とを列記すると次の如くである。

(1) 水路隧道から流入する水量の大部分は直接水圧鉄管に吞まれ、残余の水は溢流堤を越えて調整池に貯水される。負荷が大で水路隧道からの流入量で不足の時は調整池からも別の水圧鉄管で発電し補給する。前者を直送系と云い、後者を調整池系と云うことにする。調整池は有効水深を 7m とする故その水位は一定ではないが、直送系は調整池水位に無関係に常に高い水位で発電することが出来る。

(2) 水槽内に連絡槽があり、連絡隧道によつて調整池と連絡され、連絡槽内にも水圧鉄管の呑口が開いている。調整池から発電する場合にはこの連絡槽から取水する。従つて連絡槽は連絡隧道を圧力隧道とする単階調圧水槽と考えられるから、負荷急増に対しその容量及び水面積は調整池系で同時に2台運転するに必要なだけの大きさをもつていなければならない。但し負荷遮断時には連絡槽から水槽に溢流することは妨げない。

(3) 水槽の大きさは運転の円滑を期するために、直送系最大使用水量 240 m³/sec の100倍以上の有効容量を必要とすると考えられる。本設計に於ては有効水

図-3 水槽一般図



深を 4.5 m として約 25 700m³ の有効容量となつている。

(4) 水路隧道からの流入量が直送系の使用水量より大となれば、余水は水槽の外側溢流堤から調整池に溢流するが、全停電その他の場合、全水量が溢流する時にはこの溢流堤のみでは溢流しきれないため、連絡槽の周壁をも溢流型とし、これから溢流した水は連絡隧道を逆流して調整池に貯水される。但し調整池系で発電している際に連絡槽に溢流することは水面を荒し連絡槽からの取水を阻害すると同時に、流出渦の原因を作る恐れがあるので調整池系で発電している際には連絡槽に溢流させることは避けなければならない。これがために次の措置がとられている。即ち連絡槽の溢流壁の高さは水槽溢流堤より 0.5 m 高くし、溢流量 60 m³/sec までは水槽溢流堤のみから溢流させ連絡槽内には溢流させない。余水が 60 m³/sec 以上になると、そのまま放置すれば当然連絡槽にも溢流することになるが、水車 1 台の使用水量は 60 m³/sec 以下であるので、今まで調整池系から低落差で発電していた水車を直送系に切り換えて直接水槽から高落差で発電することが可能であり又得策でもある。従つてこの水車は連絡槽に溢流している状態で調整池系から取水することはなくなる。又たとえ調整池系で 2 台運転している際でも、1 台を直送系に切り換えれば水槽の余水はその分だけ少くなるから、他の 1 台は問題なく調整池系からの発電を継続することが出来る。換言すれば調整池系から運転している場合には決して連絡槽には溢流することがないと云うことが出来る。

(5) 5 条の水圧鉄管の内、3 条は水槽からのみ取水する直送系であり、他の 2 条は水槽、連絡槽何れからでも取水出来るよう Y 字管で取付けてあり、水圧鉄管入口門扉により直送系、調整池系いづれにも切換え使用出来る構造とする。この型式によると直送系と調整池系との切換えは、両系の水位に差があつても単に両門扉の開閉のみで運転を中断することなく行うことが出来る。但しその切換え過程に於て両系の水位差による射流が水圧鉄管内に起るので、構造上これに耐えるものである必要がある。小千谷発電所の場合には一応これ等を考慮しているが、地形的にかなり窮屈であることと、千手発電所と並列運転をしている関係から、しかもこの切換え時の調整池系の負荷は比較的軽いので、一時千手発電所にこの分だけ余計に負担させるならば 1 台だけ運転を中断して切換えることも可能である。この件についてはなお検討する余地がある。

(6) 水圧鉄管呑口前の水深は流出渦の生じない程度に深くする必要がある。この目的のために簡単な模型

実験を行い、使用水量 60 m³/sec に対し少くも最低水位以下 8.4 m の深さが必要であるという結果を得た。従つて連絡槽の水深は 15.6 m となる。直送系の方は負荷が急増したり、千手の放水量が急減すると或る程度の水面降下はあるが連絡槽内ほど低下することは考えられない。従つて水槽の底高は連絡槽と同一にする必要はないが、水圧鉄管に Y 字管を用いるため構造上 Y 字管の呑口は連絡槽内呑口と同一高さとし、直送系専用の呑口は 2 m 上げて擁壁その他の節約をはかることにした (図-3 C-C 断面参照)。

(7) 水槽溢流堤頂の高さは普通的水槽では水路隧道の最大流量の水面と一致させるが、調整池が隣接する場合には調整池に所要の水量を貯水することも目的なので、溢流堤頂を上記の水面と一致させると溢流の際は溢流水深だけ水槽水位が上昇して水路隧道内の動水勾配が変り通水量が減少し、所定の水量を貯水することが出来なくなる。これに反し余り堤頂を下げ過ぎると常に発電落差を損することになるので、堤頂をどの程度下げるかはむづかしい問題である。小千谷の場合負荷曲線に一致するような運転をすると計画溢流量の最大は 60 m³/sec 程度であるので、その溢流水深 0.5 m だけ下げることにした。この程度の下げ方ならば或いは低下背水により流量の増加を招来し、落差の損失は水量の増加によつて相殺されるものと考えられる。但し堤頂の高さは多少変更をなし得るよう角落しを挿入出来る構造とする。

(8) 調整池内の水槽寄りに 17 箇のサイフォンを円筒形に集めた余水吐がある。水槽からの全溢流量 240 m³/sec に対し種々の理由から余裕をもたせ 270 m³/sec を呑み得る設計である。調整池から取水する際、連絡隧道への土砂の流入を嫌つてこれを沈積させる擋鉢型の部分 (集水槽と仮称) を設け、余水吐下部の排砂口から余水路に排砂する (図-3 B-B 断面参照)。この排砂口の大きさは調整池が出来るまでの水槽からの最大溢流量即ち 120 m³/sec を呑み得ることから決定されるが、僅かに断面を大きくすることにより全水量 240 m³/sec を流下することが出来るので、将来調整池の修理その他のために調整池を空にする場合も有り得るので、この時の全水量溢流を考慮して直径 4.5 m の円形断面とした。

(9) 余水吐附近の池底はコンクリート張の水密構造とし、この張コンクリートの調整池側に深さ約 10 m のコンクリート止水壁を地下不浸透層に達せしめ、調整池の漏水が水槽の下を潜つて発電所側に出て来ることを防いでいる。上記コンクリート張の部分の溢流池と呼んでいる。

(10) 昭.26.8.1 の発電機2台運転開始までには、工事資金の関係から溢流池の内、集水槽と余水吐の基礎のみを造り、水槽からの余水は連絡槽からのみ溢流させ連絡隧道を逆流させて余水吐下部の排砂口から余水路に排水する(写真-1参照)。このために水槽溢流堤には角落しを挿入してこれを塞ぎ、連絡槽のナップは余裕を見込み約 $150 \text{ m}^3/\text{sec}$ の溢流に適する形とする。

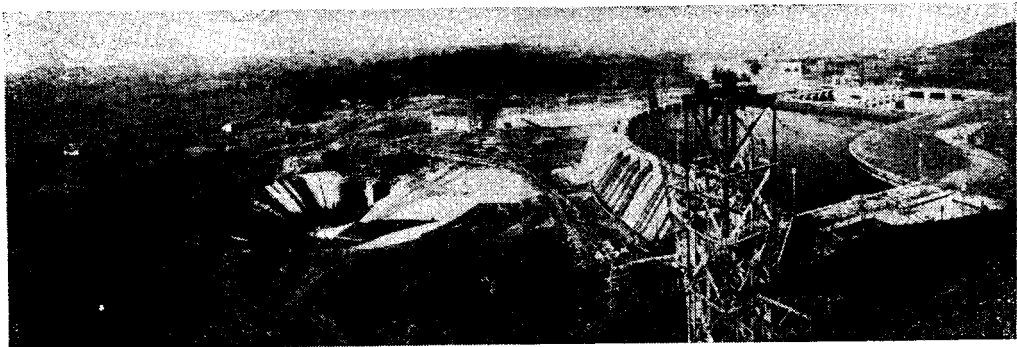
(11) 水槽の中央と連絡隧道の入口とにスクリーンが設けられている。水槽のスクリーンは鉄管呑口に近い程利用率がよいことになるが、深さが大なることを避けたことと、連絡槽からの溢流水は一応、スク

* リーンを通過したものでないと塵芥は連絡隧道入口のスクリーンに逆に引懸り、調整池から発電する場合そのまま呑み込まれる惧れがあるので現在の位置に設置することにした。

(12) 水路隧道の入口及び出口には門扉を設け、出口附近に設けられた排砂門より排水して水路1条を空にし虫掃除をすることが出来る。

(13) 水槽下流端扶壁間に2枚の幕壁を張り、前方の幕壁の下部 4.5 m 角を開けてここに門扉を設ける。水圧鉄管呑口は後方の幕壁下に開口する。この2枚の幕壁の間は門扉及び水圧鉄管の点検用の入孔であ

写真-1 溢流池(工事中)



ると同時に水圧鉄管の空気孔の役をする。

(14) Y字管を有する水圧鉄管で発電している際、負荷が遮断されると、Y字管の一方の口から呑まれていた水はY字の交叉点から廻つて他の呑口に出ようと、前記入孔内の水面は急激に上昇する。一種のサージングである。この溢流水を処理するために、前方幕壁の天端を水槽天端より 1.6 m 下げて計画水位と同一高さとした(図-3 A-A 断面参照)。運転開始後これの試験をしたところ全負荷遮断時この水面上昇は大体予想通りの値に達した。なお水圧鉄管を空にして点検する場合にはこの幕壁上に水槽天端まで角落しを挿入し水の流入を防ぐ。

(15) 水圧鉄管入口門扉の大きさは縦横共 4.5 m でロッカービーム式ローラゲートである。特にY字管の呑口に設けられる門扉は両面水圧を受けるので、逆水圧に対してもスキンプレートの鉄頭に張力の働くことのないよう設計されている。水圧が大きいので約 9 ton の下げ荷重不足に対してはスキンプレート前面にコンクリートを打込み加重している。

(16) 水圧鉄管呑口から上部緊碇塊に至る間は、上方に盛土して道路を造る関係から鉄筋コンクリート巻として盛土に耐える構造とする。

(17) 水槽の排砂、排水設備として水路出口、スク

リーン前面及び水圧鉄管呑口前にそれぞれ排砂溝を設け、前2者は暗渠により余水吐へ、後者は水圧鉄管沿いに排水管を敷設して放水路に排出する。

以上で水槽とこれに関連をもつ附近の構造物の全体の機能と各部の構造とにつき要点を述べたが、各部の設計については紙面の関係で割愛することにする。

水槽の主体をなす水圧鉄管呑口附近は扶壁堰堤と考え、連絡槽は突桁を有する弾性基礎上の有限長の梁として、連絡隧道は無鉸アーチとして解いている。その他は擁壁その他の組合せと考えることが出来る。

III 結 び

本水槽は水路隧道の方向と調整池の位置とに制約されて、その中心線が曲線となつたことは水理的に多少不利である。調整池が未完成のために未だ水槽としての全機能を発揮しておらず、運転上の利害得失を云々することは出来ないが、この形を案出するまでには種々比較検討し、一応諸目的にかなつたものとしてこれを決定した。しかし細部設計は工事の進行と並行してなされたために、実際通水して見ると細部の形状に於て水理的に多少改良の余地があるように思われる。今後は是非工事着手前に総ての細部設計を終え、 $1/20$ 程度の模型実験をする位の余裕は持ちたいものである。

終りに臨み本工事に對し御指導を賜つた阿部謙夫氏 を初め先輩諸賢に心からの謝意を表し本稿を終る。
(昭.27. 2.20)

UDC 562.913.15.088.2

測角の1つの誤差について

准員 北 郷 繁

ON AN ERROR OF ANGLE MEASUREMENT

(JSCE May 1952)

Shigeru Kitago, C.E. Assoc. Member.

Synopsis When an angle is measured by means of a transit, on a sunny day, the object will be seen split into two parts, darker and lighter, if the target pole has a width.

In this paper, the author experimentally studied whether or not there appear certain errors in the measurement under the condition mentioned above.

As a result the author ascertained that there were some relations between the residuals and the difference between the lighter parts (or darker parts) which appeared on both target poles which make the angle in question.

要旨 トランシットで角度を測るとき、晴天の場合だと視準されるもの、例えばポールに巾があるなら、そこに多少とも陰影を生じ明暗の2部分に分れるが、このために視準の際に誤差を生じないものかどうかを実験値について調べたものが本文である。そして一角をなす双方のポールに生じた明部(或いは暗部)の差と残差の間に2, 3の関係のある事を確かめた。

のを図-1の実線で示す。この平均に用いた観測値は前記論文で最確値(40° 02' 45")を計算する際に捨てられたものも含むので、点群の分布は45"の値より小さい側に多く、9月2日, 28日の値は極端に小さい。また同図に破線で日照率を示した。この折線が大体実線の平均値と関連して変化し、特に後半の部分では比較的よく合っている。ここにいう日照率とは、

1. 測角の実験

これについては本誌 36 卷4号の筆者「測角の精度に関する実験的研究」を参照されたい。この中で測者を3人としているのは1つの器械についてで、途中で事故のため1人入替つたから合計4人、その観測組合せは6である。

$$\frac{\text{(観測中に直射日光のさした時間数)}}{\text{(観測に要した時間数)}} \times 100(\%)$$

であつて、9月2日, 28日は雨であつたから0%である。この日照率は観測地点から南西1.7kmの所にある札幌気象台のジョルダン及びカンベル両日照計と観測記録から計算したものである。

なおこの実験に使用した規標は、普通に使用されるポールを、強固に樹立された丸太に、垂直に釘付けしたもので、その直径は約3cmであるから、測点に於て約80"の角度をはさむわけである。

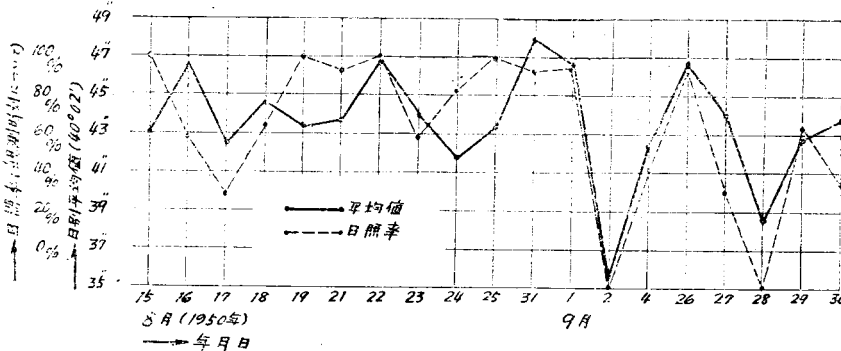
図-1より、観測誤差と晴雨との間にはある関係が存在し、大体日照のない曇天又は雨天の日には、そうでない日に比べて角度が小さく読まれるという事が、云えそうである。

2. 観測値の分布

観測値を1日毎に(重みをつけないで)平均したも

以上は1日を単位として、日照率と観測平均値との関係を調べたわけであるが、今度は時間を単位にとつ

図-1 日照率と観測値



て観測時刻と観測値との間の関係を調べて、具体的に日照がどんな風に観測値に影響するかを見る。ところで1日中の観測値の変化を通覧してほぼ共通に認められる事は、大略午前中(日本標準時、本文では夏時間を用い