

佐久間発電所 ITV 装置について

Industrial Television Equipment Supplied to Sakuma Power Station

木村義太* 桑原進* 俣田信五郎** 大串俊夫** 角野正夫***
 Yoshita Kimura Susumu Kuwabara Shingoro Mamada Toshio Ogushi Masao Sumino

内容梗概

本装置は電源開発株式会社佐久間発電所に設置された工業テレビジョン装置で、ダム水位および上流の全般状況を昼夜監視することを目的としている。ダム側には上流監視カメラ装置、水位標監視カメラ装置および送像装置を設置し、発電所配電盤室には受像装置が設置されている。ダムと発電所との距離は約 3km で映像信号は同軸ケーブル、制御信号は制御ケーブルで伝送し、装置のすべての操作は受像装置側で行うことができる。夜間の監視のためには各カメラ装置に投光器を附属させカメラと共に俯仰旋回を行っている。上流監視カメラにはあらたに開発されたバリフォーカルレンズを使用し監視能率を向上させた。

本装置は昭和 31 年 10 月に現地据付調整を終り、爾来順調に動作している。

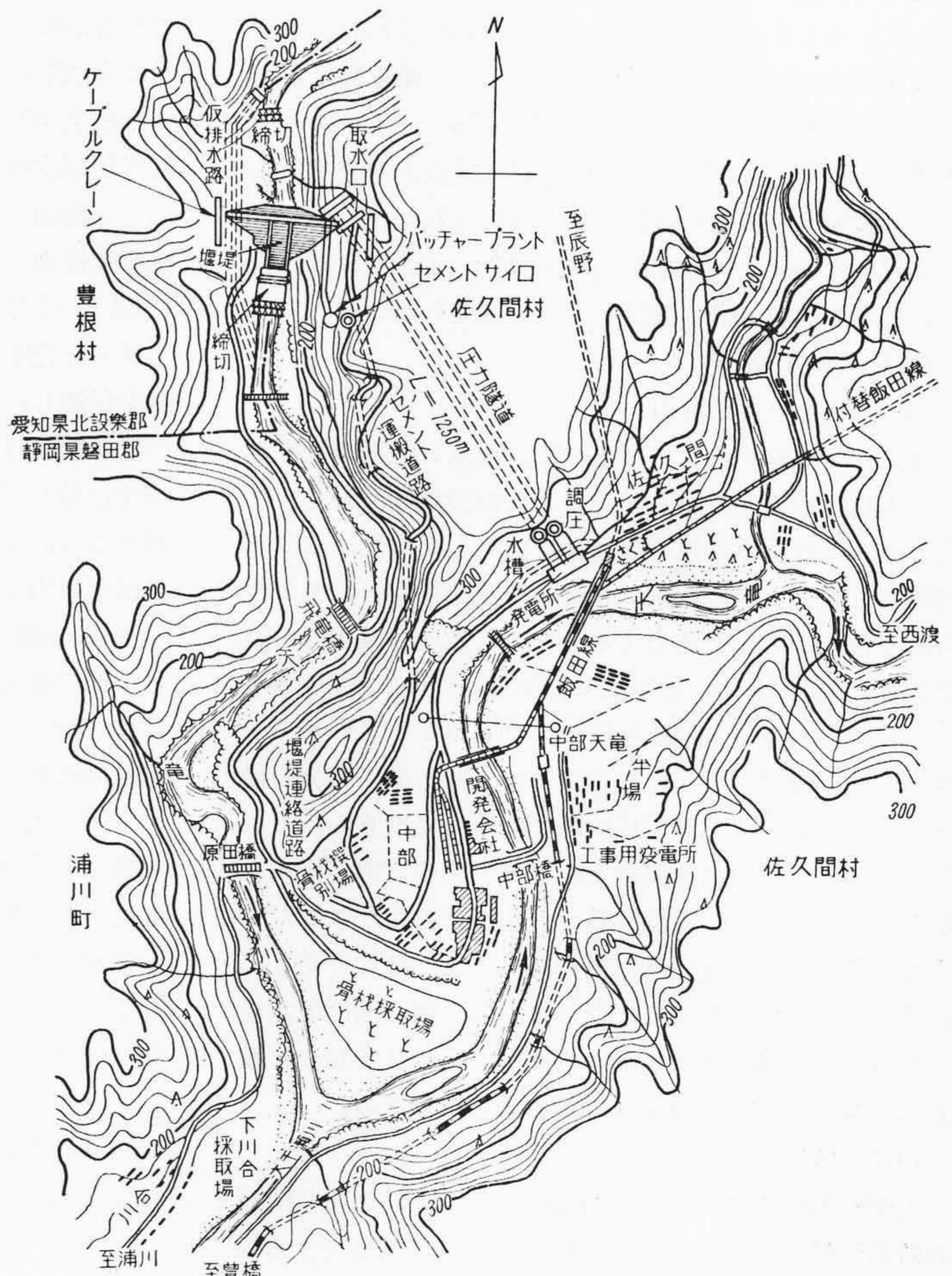
〔I〕 緒 言

工業用テレビジョン (Industrial Television 以下 ITV と呼ぶ) は近年各方面で利用されており、その用途も次第に広くなつてきている。特に発電所においてはもつとも多く活用されすでに試験期間を過ぎて必需の設備となろうとしている。

電源開発株式会社においては佐久間発電所の建設に当り ITV 設置を計画し、日立製作所はこれに応じて水位標監視およびダム上流監視用としての装置を完成した。本装置は監視対象が広く、かつダムにおける送像装置と発電所配電盤室内の受像装置との距離が遠く (約 3 km)、各種制御回線も多く従来に見られぬ大規模な装置である。したがって計画ならびに装置の仕様の決定にあたっては電源開発株式会社と日立製作所において数次の現地調査、打合せを行い慎重を期すると共に機器および線路の設計、製作には従来の経験に基づいて十分な考慮が払われた。使用目的はすでに実用されている ITV 装置⁽¹⁾と同じであるが、今回は監視対象や信号伝送距離などが大きく装置として大型なものとなつた。本装置では映像信号の伝送に低い周波数の搬送波を使用し約 3km の同軸ケーブルによる伝送に成功し、また広範囲の監視に対しては可変視野レンズを使用して監

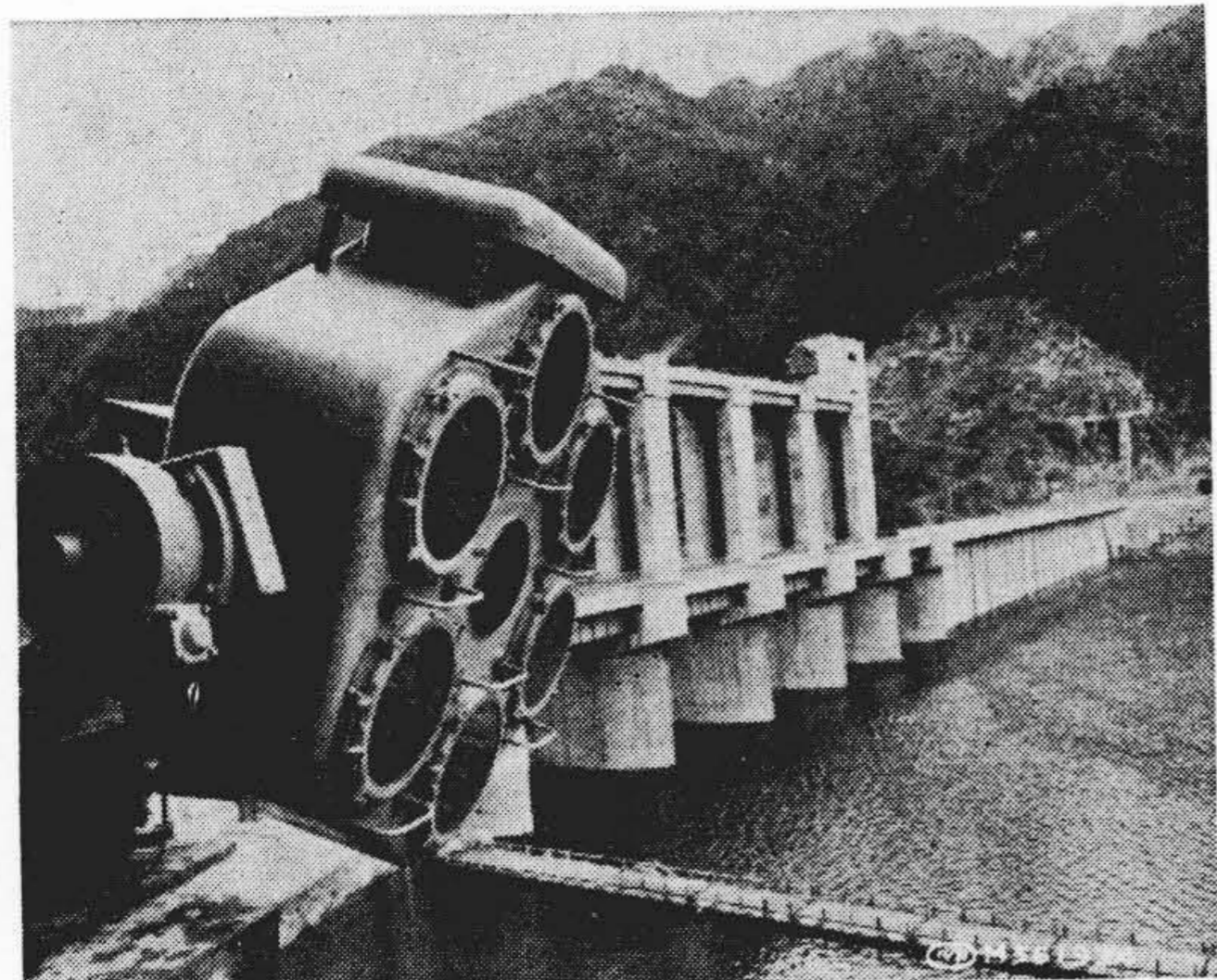
視能率を増加させるなどすぐれた性能を有している。

装置本体としては日立製作所製 TIE-U2 型 ITV 装置が使用され、昭和 31 年 10 月現地に据付調整を完了し、ただちに実用運転を行つている。



第1図 佐久間発電所工事計画図

* 電源開発株式会社
 ** 日立製作所戸塚工場
 *** 日立製作所中央研究所



第2図 取水塔から見たダム全景

〔II〕 計画概要

(1) 設置目的

佐久間発電所は静岡県磐田郡佐久間町にあり、天竜川をせきとめてダムを作りその水を約3km離れた発電所に送り350,000 kWの発電を行っている。第1図はダムおよび発電所附近の地形図である。ITVはこのダムの水位、取水口附近の流木、上流全般状況などを発電所において監視することを目的として設置された。したがって装置の操作はすべて発電所内で行う。またダムには夜間監視用の照明設備も設置しなければならない。

(2) 計画概要

(a) カメラ設置計画

カメラで撮像する対象は水位標、取水口附近の流木および上流全般状況であるが、カメラの設置場所および1台のカメラによる監視可能範囲を検討した結果、水位標監視用として1台、取水口および上流監視用として1台合計2台のカメラを使用することとした。各カメラの設置場所は種々検討の結果水位標監視用カメラは取水塔に、取水口および上流監視用カメラは第5ピアのゲート巻上塔上に設置することとした。いずれも旋回俯仰の操作を行わせ必要に応じて広い範囲の監視に役立ち、これらによつてダムの上流側ほとんどすべての水面がいずれかのカメラによつて撮像することができるようにした。また2台のカメラは同時に動作させることはなく交互に切換えて監視を行うようになっている。第2図は取水塔から見たダム全景で手前に水位標監視カメラおよび投光器、遠方に上流監視カメラの投光器が見える。

(b) 使用レンズ

上流監視用カメラは上流の全般状況および取水口附近の流木を監視するもので広い視野と流木が判別できる程度の分解能が要求される。広範囲の対象に対してははじめ短焦点広角レンズで広い視野を見ながら異常を認めた

ら長焦点の望遠レンズに切換えて倍率を上げて詳細な監視をするという方法が考えられるが、監視がレンズ切換のために中断され、目標を見うしなうことがしばしば起る。また中間の倍率と視野の広さがのぞまれることがある。本装置ではこれらの欠点をさけてバリフォーカルレンズ (varifocal-lens 可変焦点距離レンズ) を使用した。このレンズはある対象物に焦点をあわせたまま倍率を連続的に変化させることができるから、広範囲の監視から必要な小部分へ監視を中断しないで注意を集中することができる。レンズに関しては後述のカメラの項で簡単に説明する。焦点距離は取水口附近の流木を判別できることを条件として最長100 mm、最短25 mmとし、この間は連続可変である。

水位標監視カメラは水位標の目盛を読取ることが目的であるからこれに最適の焦点距離250 mm f:4の望遠レンズを使用した。

(c) 照明

夜間撮像のための照明は被写体が広範囲でまた遠距離であるから、光束をカメラの視角内に集中させカメラと共に旋回俯仰を行う構造とした。投光器は性能実験を行った結果100 V 2 kW投光器を採用した。各カメラはそれぞれ取水塔および水位標が夜間撮像できることを基準として検討し、上流監視カメラには2 kW投光器18個、水位標監視カメラには同投光器6個を取付けることとした。

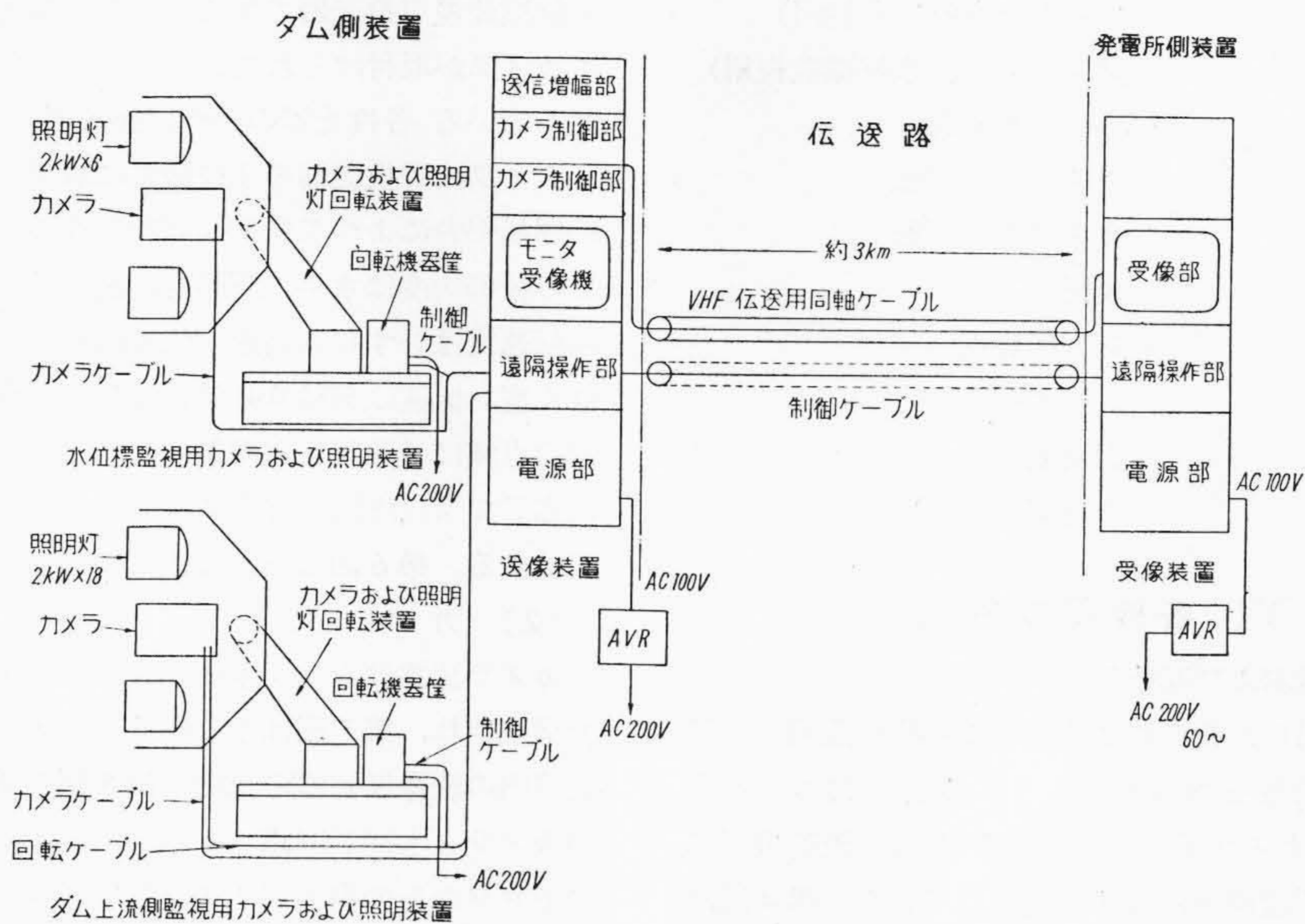
(d) 信号伝送方式

ダムと発電所間の距離は約3kmあり、この間映像信号を伝送し、また発電所からの制御信号をダムの送像架へ送らなければならない。1本の同軸ケーブルによつて、映像信号と制御信号を別々の搬送波を使用して同時に伝送する方式はすでに実用されているが、今回は映像信号の伝送損失をできるだけ少なくするために搬送周波数を低く選び、制御は回線数が多数となつたため装置の簡易化と操作の確実さを考えて別に制御ケーブルを布設し直流制御を行うこととした。この方針で検討を行った結果、搬送周波数は20 Mc、所要周波数帯域幅は6 Mcとした。ケーブルとして10C-2Vを使用すれば伝送中の搬送波の減衰は約70 dbで、搬送周波数を低くしたため10C-2V程度の減衰量のケーブルで十分実用になる。

制御回線は発電所内の受像架で2台のカメラおよび投光器の操作を行い、送像架からは各種の警報および表示を受像架に送る必要があるため回線数が30回線近くなつた。また一般の制御、表示などのほかにセルシンにより両カメラの水平および上下の位置を受像側に表示し操作に便ならしめた。

〔III〕 装置の構成

本装置の主要機器および線路の種類および設置場所は



第 3 図 装置 の 系 統 図

つぎの通りである。

- (1) 上流監視用カメラ, 投光器 (第 5 ピア塔上に設置)
- (2) 水位標監視用カメラ, 投光器 (取水塔上に設置)
- (3) 送像架 (取水塔内配電盤室)
- (4) 受像架 (発電所内配電盤室)
- (5) 映像伝送用同軸ケーブル (発電所取水塔間)
- (6) 制御ケーブル (発電所取水塔間)

各機器の相互接続系統図は第 3 図に示す通りである。カメラと送像架との距離は水位標監視用カメラは 20 m, 上流監視カメラが約 300m ある。カメラケーブル内にある同軸ケーブルは減衰が大きいため上流監視カメラだけは別に 10C-2V を布設して映像信号を送像架に送っている。カメラの電源, 撮像管の電氣的制御などは両カメラともカメラケーブルによつて行い, 投光器点滅, レンズの焦点, 絞り, 視野および回転架台の制御などに対しては各カメラ投光器と送像架間に別の制御ケーブルが布設されている。送像架と受像架の間は 10C-2V 相当の同軸ケーブルにより映像信号を, 制御ケーブルにより制御信号を送っている。

〔IV〕 装置 総合仕様

装置の総合仕様はつぎの通りである。

送信レベル	+40 dbm
搬送周波数	20 Mc
送信帯域幅	6 Mc
送信方式	残留側帯波送出
線路損失	70 db

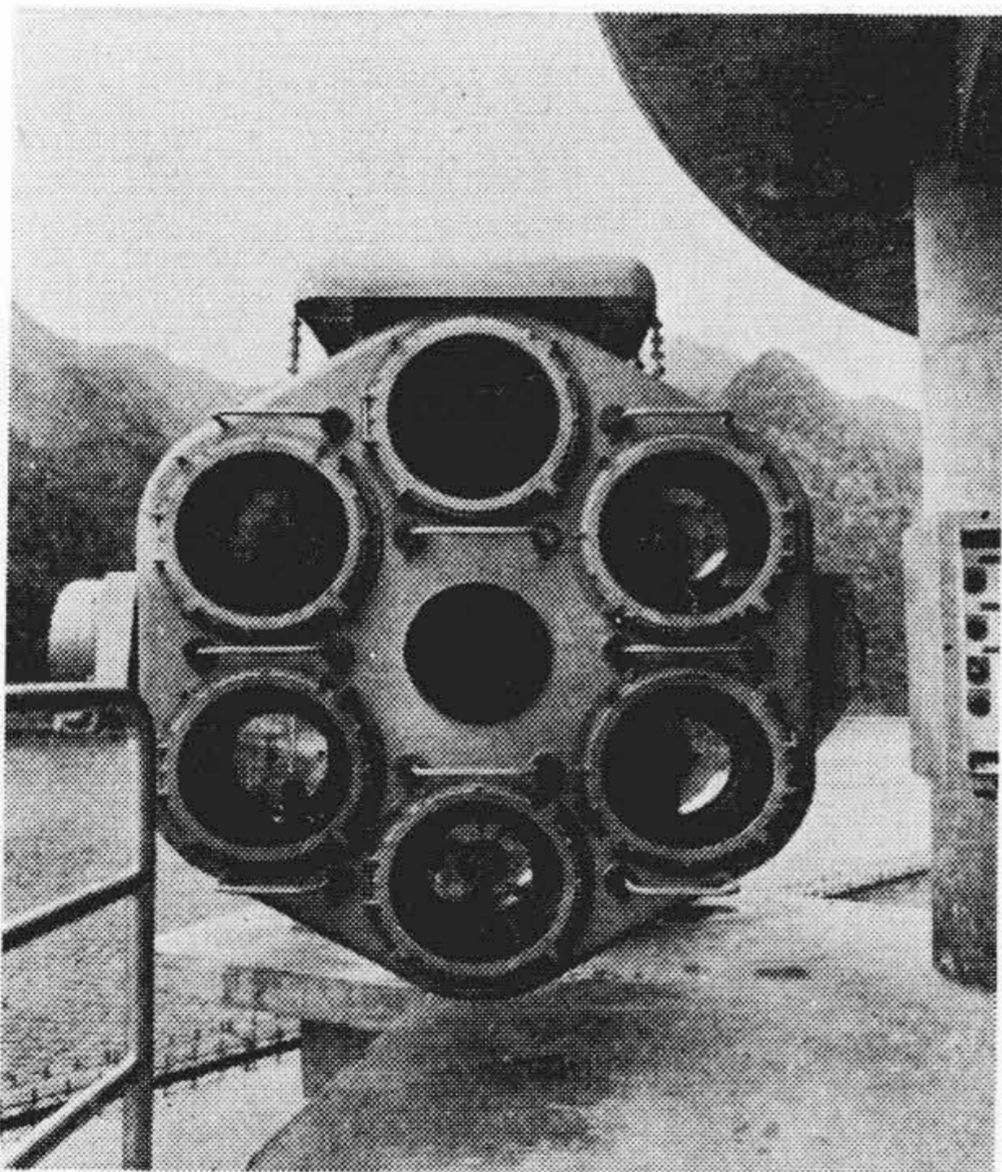
映像変調方式	振幅変調 (黒正相)
走査方式	ランダムインターレス方式
走査線数	525 本/フレーム
フレーム周波数	30 フレーム/秒
同期方式	電源同期
解像力	水平 350 本以上 垂直 300 本以上
偏向歪	5% 以内
コントラスト	白黒間で 7 ステップ以上識別可能
ラスト歪	5% 以下
電源	A.C. 200 V 60~
安定度	電源周波数 55~62~, 電源電圧 200V ± 20% で無調整動作可能
監視範囲	水平 240 度 上下 水平より下方 90 度の間
カメラ回転装置回転速度	高速 毎秒 4 度 低速 毎秒 0.4 度
制御方式	直流制御
制御種類	(1) 同時制御 電源開閉 カメラ切換 照明灯点滅 クリーナ ターゲット (上流監視用) ビーム (上流監視用) フォーカス (上流監視用) ターゲット (水位標監視用)

- ビーム (水位標監視用)
- フォーカス (水位標監視用)
- (2) 順次制御
- カメラ上下回転
- カメラ左右回転
- 視野
- レンズ焦点
- レンズ絞り
- 方向制御 (+)
- 方向制御 (-)

〔V〕 各機器の性能

(1) 投光器および回転架台

本装置に使用した投光器は 100 V 2 kW の照明灯を単位として所要照度を得られるように必要個数ずつ組合せ、その中央にカメラが取り付けられている。上流監視用には18灯、水位標監視用には6灯使用している。第4図は



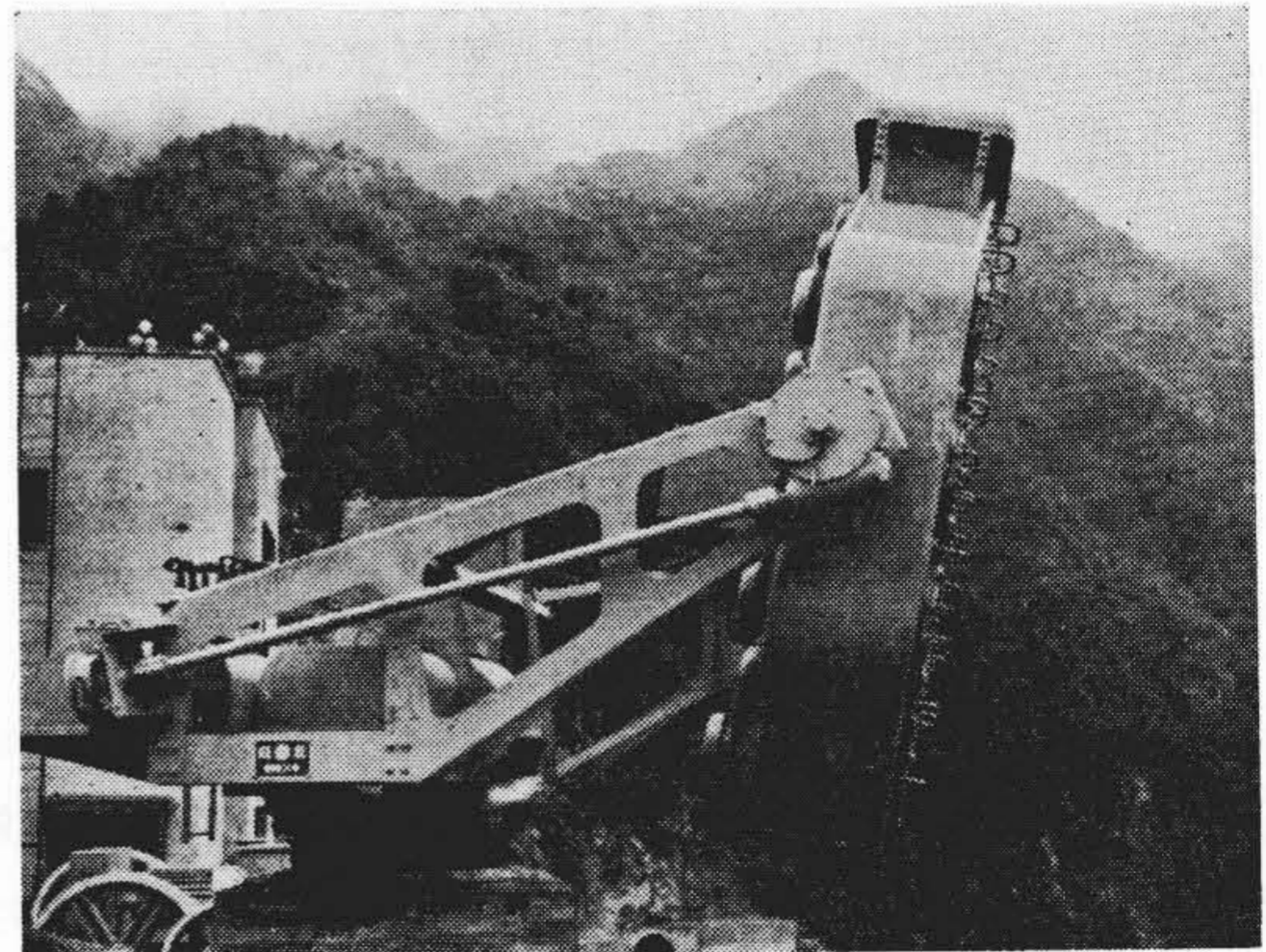
第4図 水位標監視用投光器 (6灯)

水位標監視用投光器である。中央が撮像用の窓でこの奥にカメラが取り付けられており、6個の照明灯がこれを取囲んでいる。各投光器の特性は第5図に示す通りである。

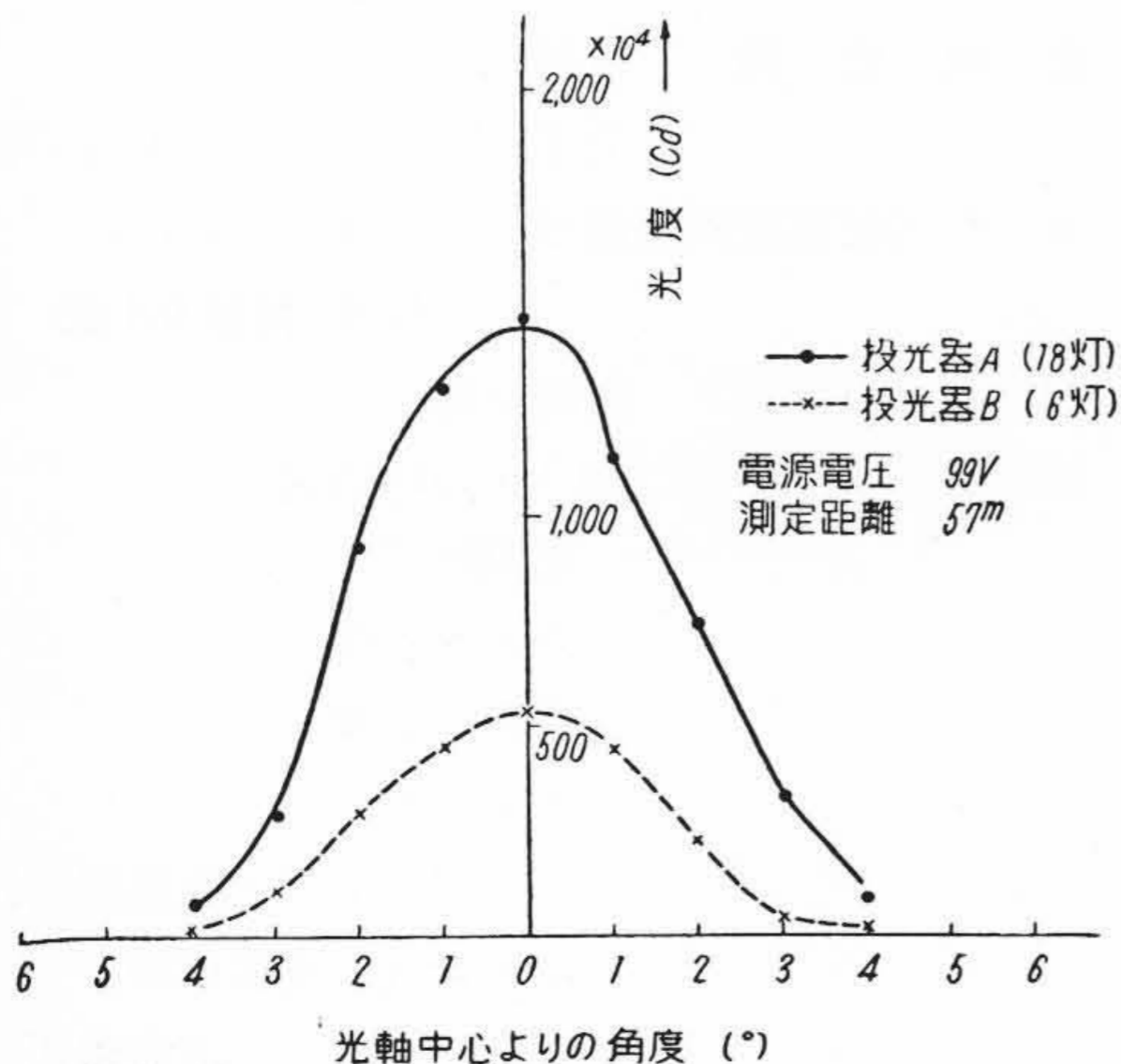
カメラは各投光器の中央後部に取付けられ投光器と共に回転架台によつて俯仰旋回を行うようになっている。この俯仰角度は水平以下90度、旋回角度は240度である。回転速度はいずれも高速と低速に切換えられ、高速は毎秒4度、低速は毎秒0.4度である。架台制御および投光器の点滅は受像架と送像架における遠隔制御と共に必要に応じて架台附属の操作スタンドで現場操作を行うことができる。第6図は上流監視用の回転架台である。

(2) カメラ

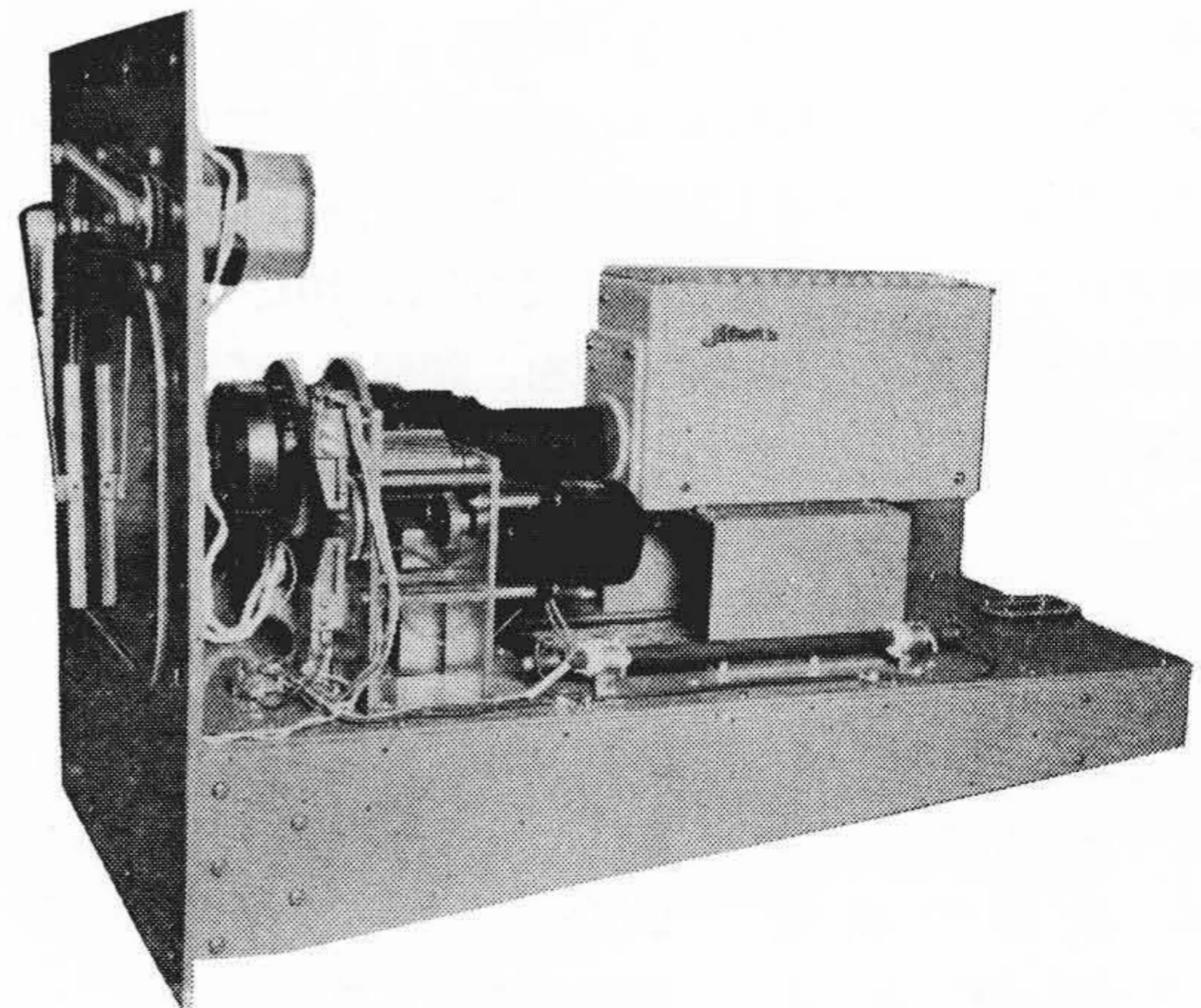
カメラ装置はカメラ本体とレンズおよびその駆動機構で構成され、第7図は水位標監視用カメラ装置である。装置内の映像増幅器の系統は第8図の通りである。二つのカメラとも同じ回路であるが、上流監視用はカソードフォロワからの出力がカメラケーブルではなく別の同軸ケーブルに接続されている。撮像管にはビデコン6198を使用し、初段増幅器としては6BQ-7Aを2本使用する



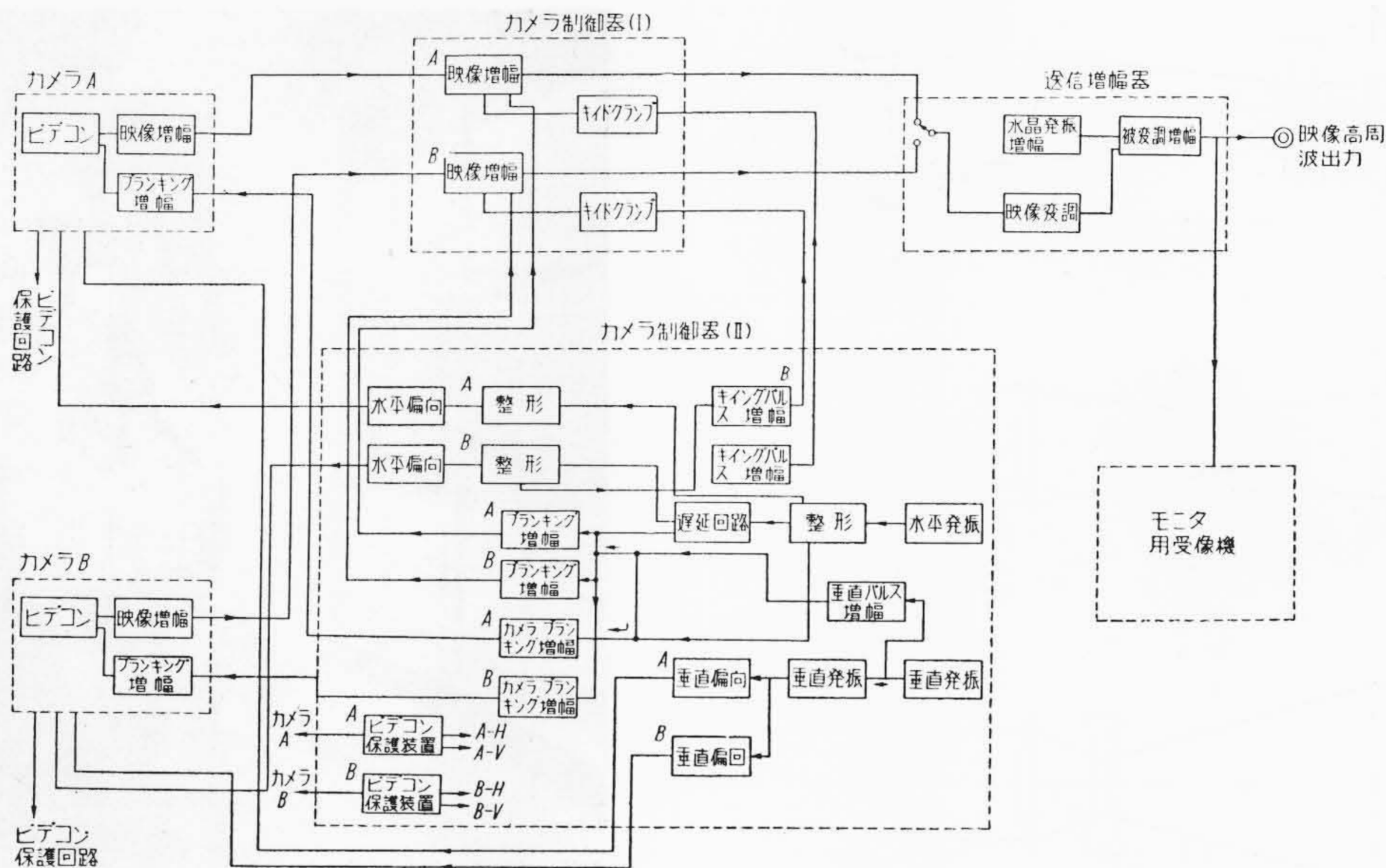
第6図 回転架台 (18灯)



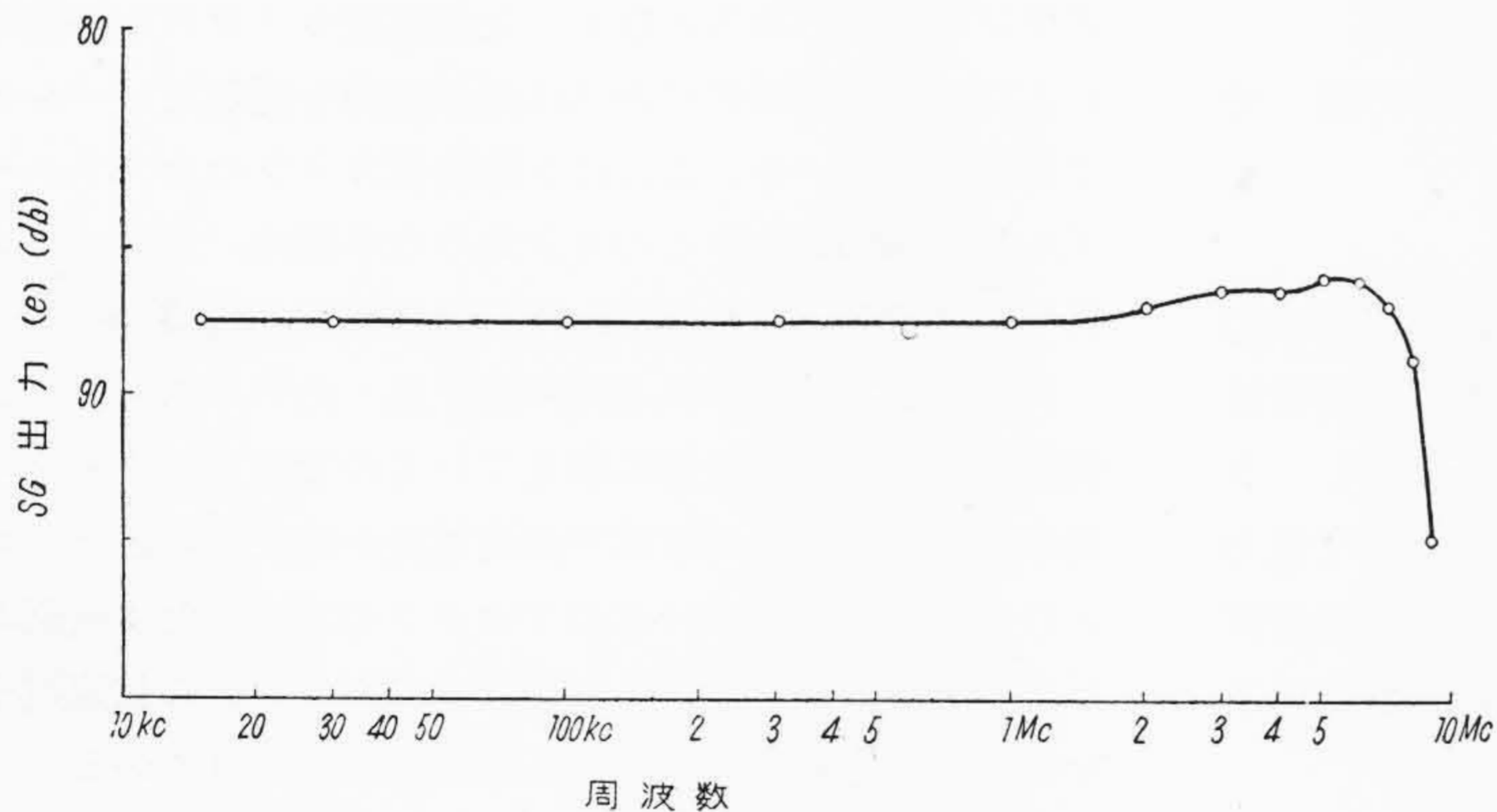
第5図 投光器配光曲線 (水平)



第7図 カメラ装置内部 (水位標監視用)



第 8 図 送像装置映像系統図



第 9 図 カメラ増幅器映像周波数特性

カスコード回路を採用して S/N の向上をはかっている。カメラ増幅器の特性は第 9 図の通りである。

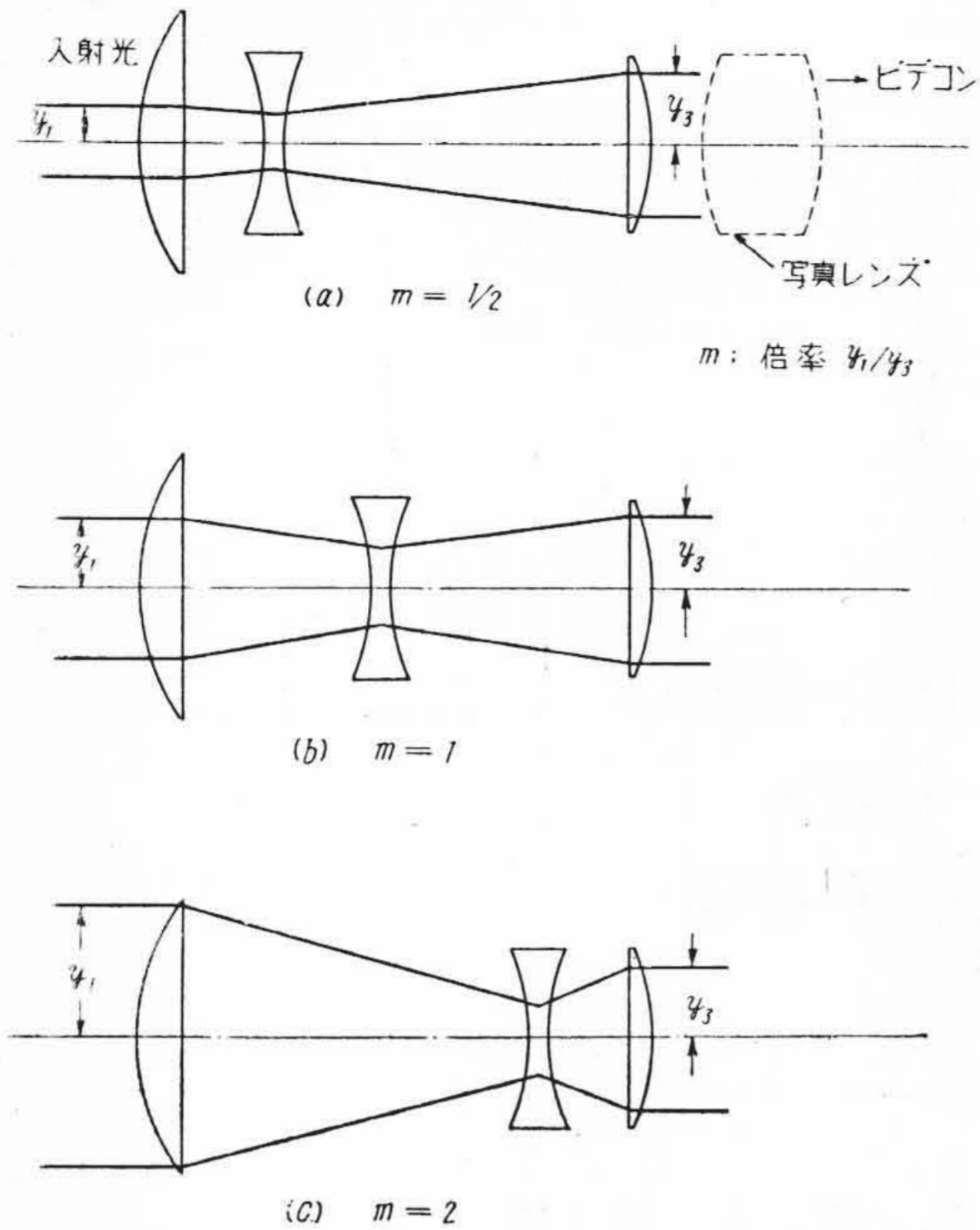
使用レンズは水位標監視カメラが焦点距離 250 mm, $f : 4$ の望遠レンズで視角は約 2 度 10 分 \times 2 度 50 分である。焦点および絞りの調整は可逆電動機により遠隔操作を行つている。上流監視カメラでは前述のようにバリフォーカルレンズを使用しており、焦点距離の可変範囲は 170 mm \sim 25 mm である。バリフォーカルレンズはいまだ国内メーカーでは製作されていないが、本装置では日立中央研究所において完成したレンズ系により非常に効果を上げている。これは通常の写真レンズに無焦点バリフォーカル系を附加する方法で、第 10 図に示すように 3 個のレンズからなるバリフォーカル系と写真用レンズで構成されている。無焦点とは焦点距離が無限大と考えられ、あるレンズ系に無限遠から入射した光軸に平行な光線が

レンズ系をでる時も光軸に平行であればこのレンズ系は無焦点であるという。したがつて無焦点バリフォーカル系の後に写真レンズを置き、この写真レンズの焦点を無限大に合わせれば無限遠の物体の像を結ぶことができる。バリフォーカル系の倍率は第 10 図の y_1 と y_3 の比で表わされ、これはバリフォーカル系の中央の凹レンズを軸上に移動させることにより変化する。第 10 図の a は倍率 $1/2$, b は倍率 1, c は倍率 2 の位置である。この比率で考えると写真レンズとして焦点距離 50 mm

のものを使用すればバリフォーカルレンズとしての総合の焦点距離は凹レンズを移動させることにより約 25 mm から約 100 mm まで連続的に変化させることができる。すなわちピンボケを起さずに視野が約 $1/2$ から 2 倍にまで連続的に変化することになる。無限大より近い物体の場合は写真レンズは無限大にしたままでバリフォーカル系の対物レンズをわずかに前進させることにより焦点を結ばせている。前と同じようにこの状態で中央の凹レンズを移動させると視野が変化する。この方式では総合の f 比は使用する写真レンズの f 比とほとんど同じできわめて明るいバリフォーカルレンズが得られている。

(3) 送像架

第 11 図が送像架の外観である。自立筐体で取水塔配電盤室に設置され、送信増幅器、カメラ制御器 I、カメラ制御器 II、モニタ受像機、遠隔制御盤および電源整流



第 10 図 バリフォーカルレンズ原理図

器で構成されている。各部の性能の概要はつぎの通りである。

(a) 送信増幅器

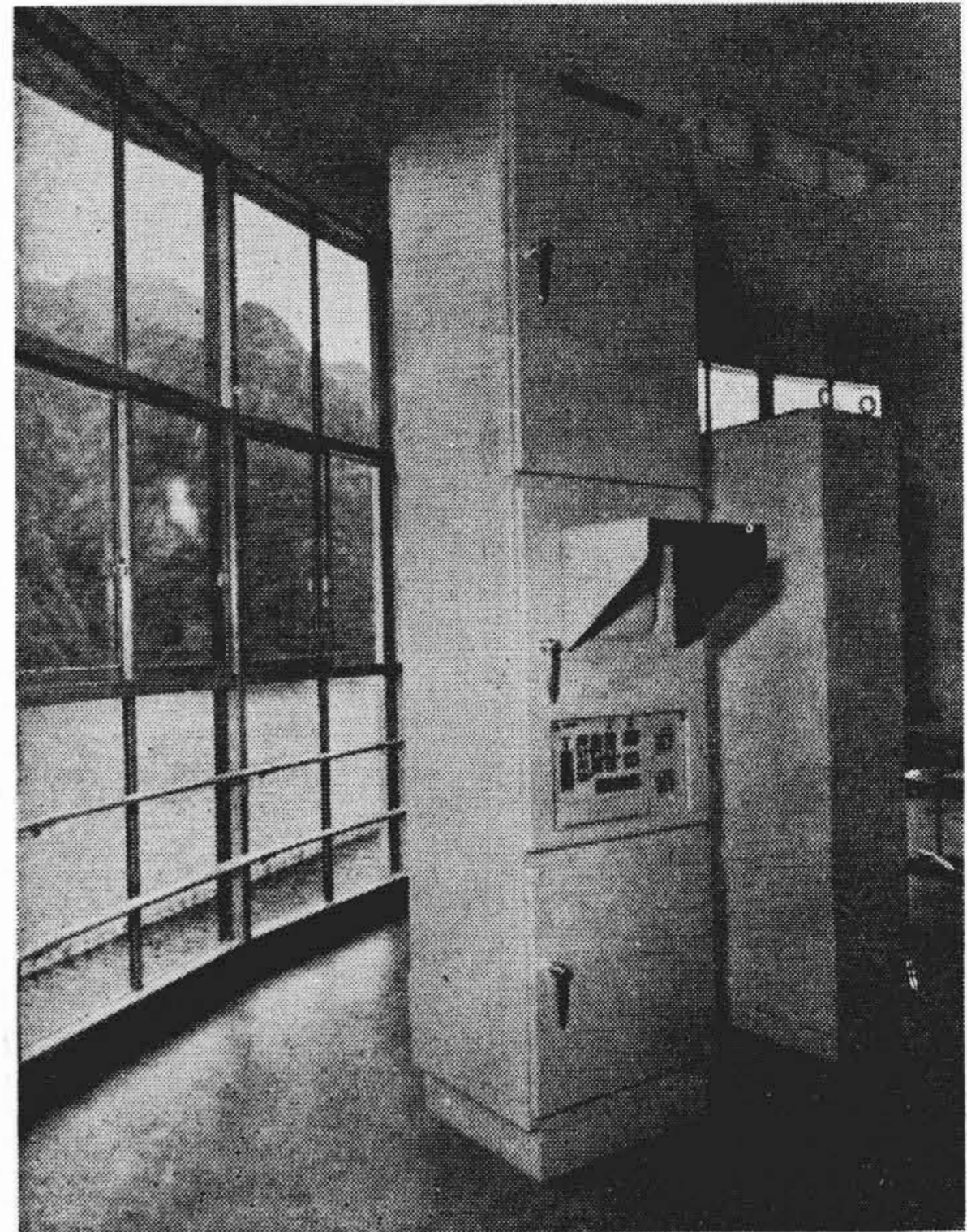
第 8 図に送信増幅器の系統を示す。送信増幅器の出力は +40 dbm で搬送波 20 Mc を映像信号により振幅変調している。発振器は水晶制御で 20/3 Mc を発振し、3 通倍段を通つて UY-807 を 2 本並列とした終段で電力増幅および制御格子変調を行つている。映像信号は変調管 6CL6 により一旦増幅されて終段電力増幅管の格子に加えられている。

(b) カメラ制御器 I

これは主映像増幅器である。第 8 図に示すように 2 系列となり、上流監視用と水位標監視用にわかれ、カメラ切換えを高レベルで行うようになっている。特性は両方ともまったく同じで、第 12 図にその周波数特性を示す。周波数帯域幅は 6 Mc で、映像レベルの安定化および低周波の位相特性の改善のためにキイドクランプ回路を採用している。

(c) カメラ制御器 II

第 8 図の系統図に示される通り、同期信号の発生および各カメラの偏向信号の発生部である。垂直同期はブロッキング発振器を電源周波数で同期させ、その出力を成形して同期信号としている。水平は 15.75 kc の正弦波発振器の出力を整形してパルスとしている。このパルスがさらに遅延回路を通つてカメラ制御器 I の両映像増幅器のブランキング信号、クランプ回路のキーイングパルス、また水位標監視カメラの水平偏向回路の励振および

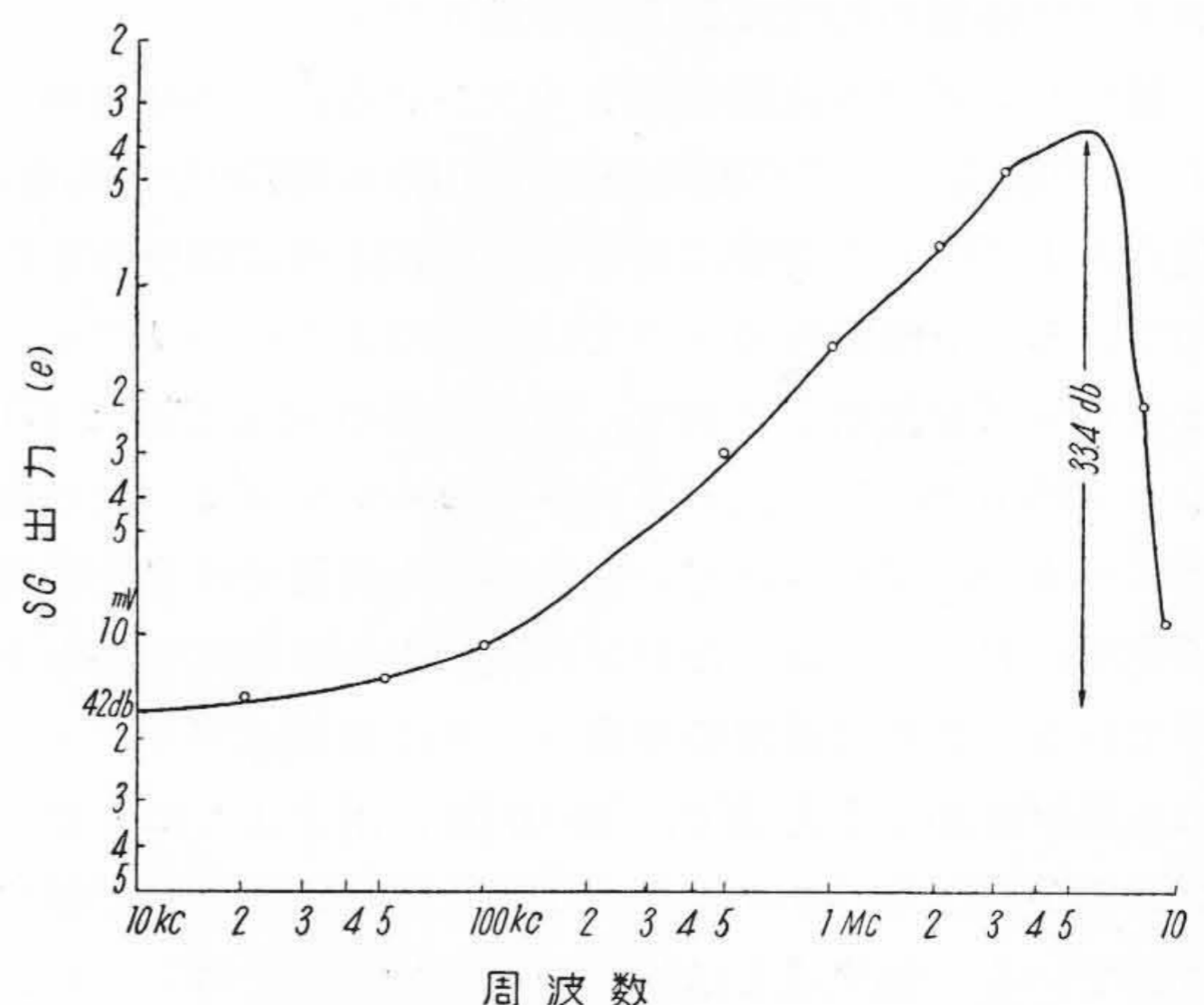


第 11 図 送像架外観

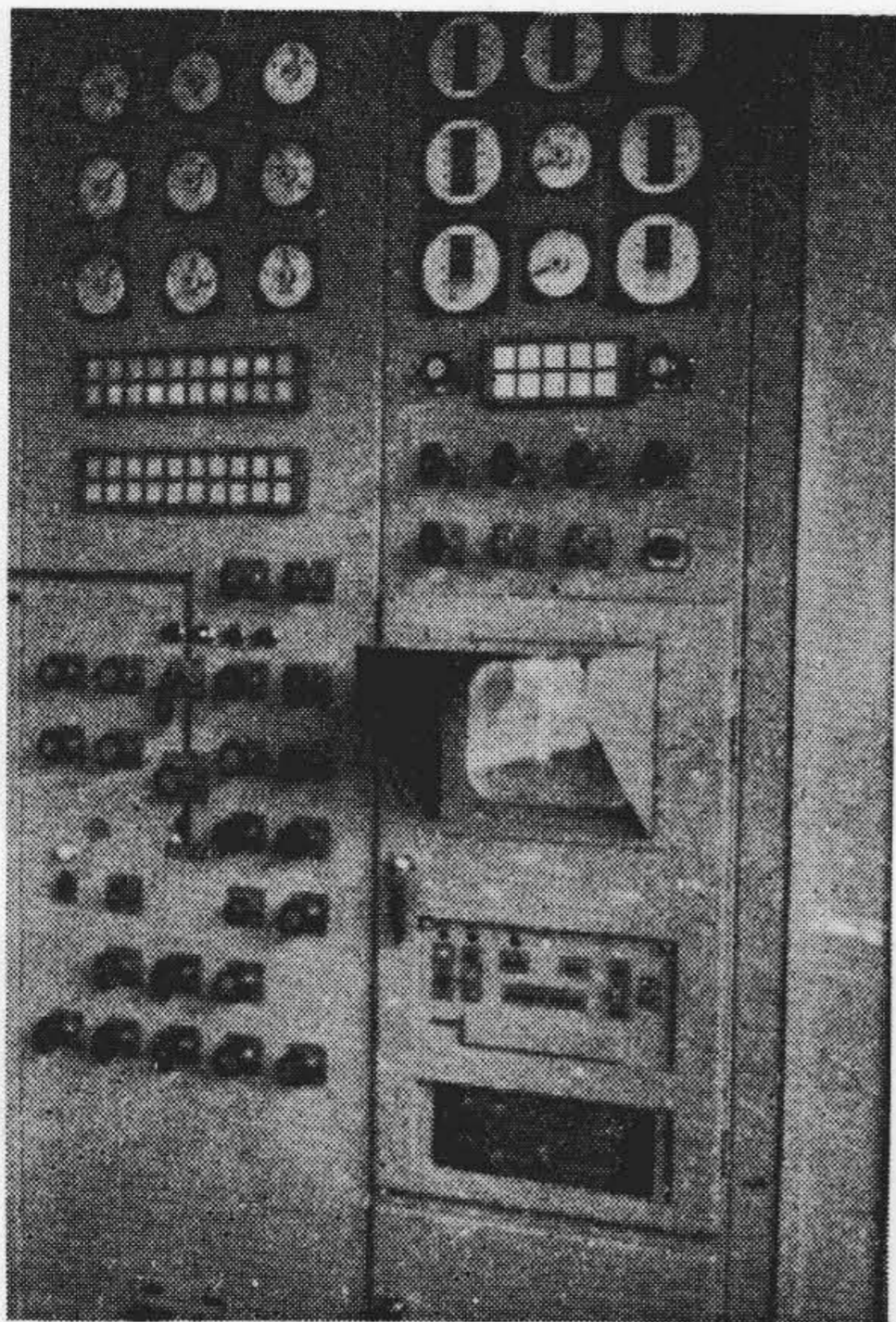
ブランキングパルスとなる。上流監視カメラの水平偏向およびブランキングパルスは遅延回路を通らないパルスで励振されている。これは上流監視カメラのカメラケーブルが約 300m ありこのカメラの水平偏向、ブランキングパルスのケーブル内における遅延時間が約 $3 \mu s$ ありこれを補償するために遅延回路を通したパルスをカメラ制御器 I の映像増幅器に加えているのである。カメラの動作中に偏向回路の故障で偏向電流が流れないとビデオンの光電面に傷をつけるのでカメラの水平または垂直のどちらかが偏向を停止した場合にはビデオンの加速電極を接地して光電面を保護する回路が加えられている。

(4) 受像架

受像架は発電所の配電盤に組込まれている。第 13 図がその外観である。受像機、遠隔制御盤、方向指示盤お



第 12 図 カメラ制御器映像周波数特性

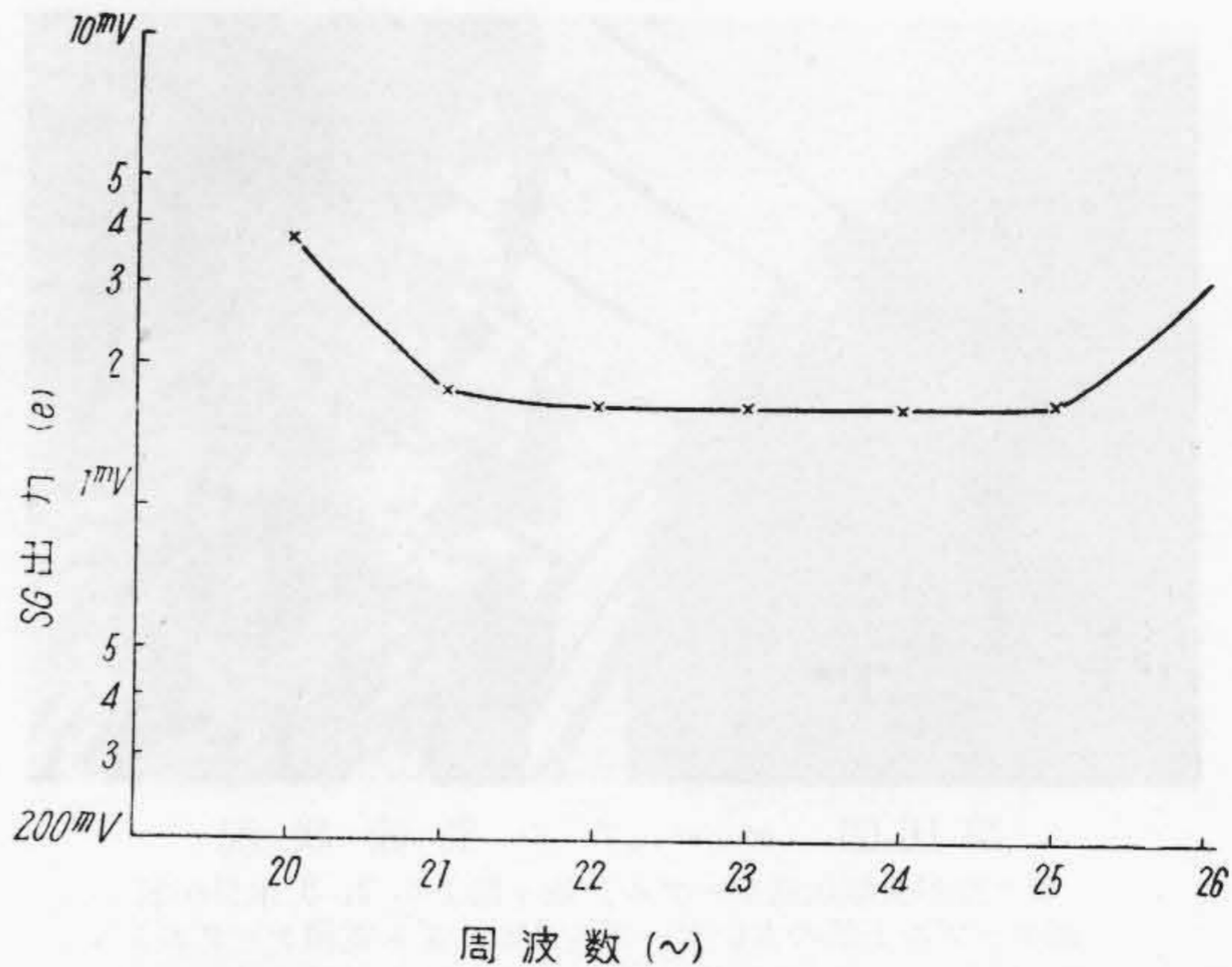


第13図 受像架外観

よび電源で構成され、送像架から送られてきた映像を受像すると共にここから全装置の制御を行うことができる。受像機の系統は第14図のごとくで映像の周波数帯域幅は5 Mcである。高周波部の特性を第15図に示す。方向指示盤には正面にダムの略図が画れてありこの図上で両カメラの方向を指針が指示するようになっている。

(5) 制 御

本装置の制御はすべて受像架で行われ、各種の表示警報も受像架にあらわれるようになっている。送像架では調整の必要がある時に切換えて同じ操作をすることができる。制御箇所は前に述べたように同時制御10箇所、順次制御7箇所、このほかに表示9箇所、警報4箇所あり回線数は約30回線である。ビデコンのビーム、ターゲットおよびフォーカスの調整は受像架においても送像架においても直接可変抵抗によつて直流印加電圧を制御し

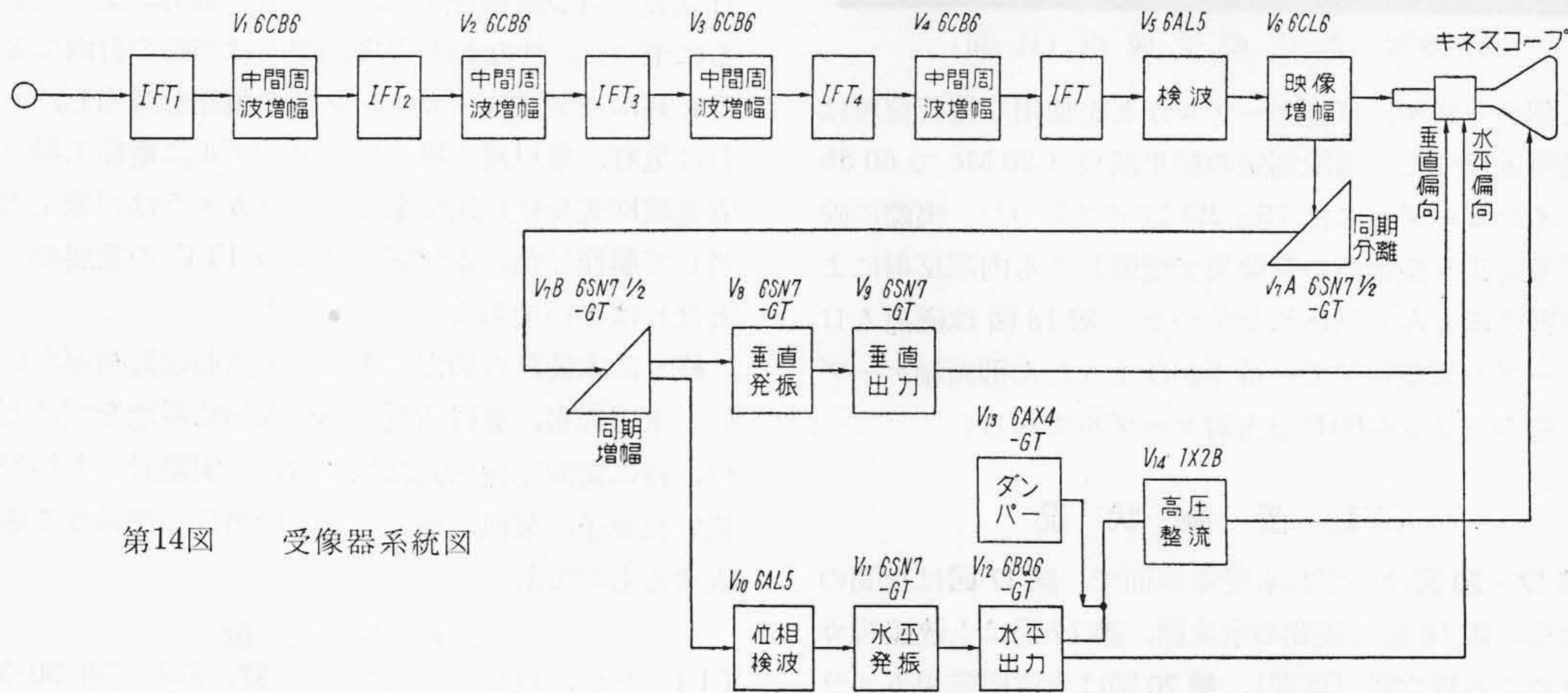


第15図 受像機高周波特性

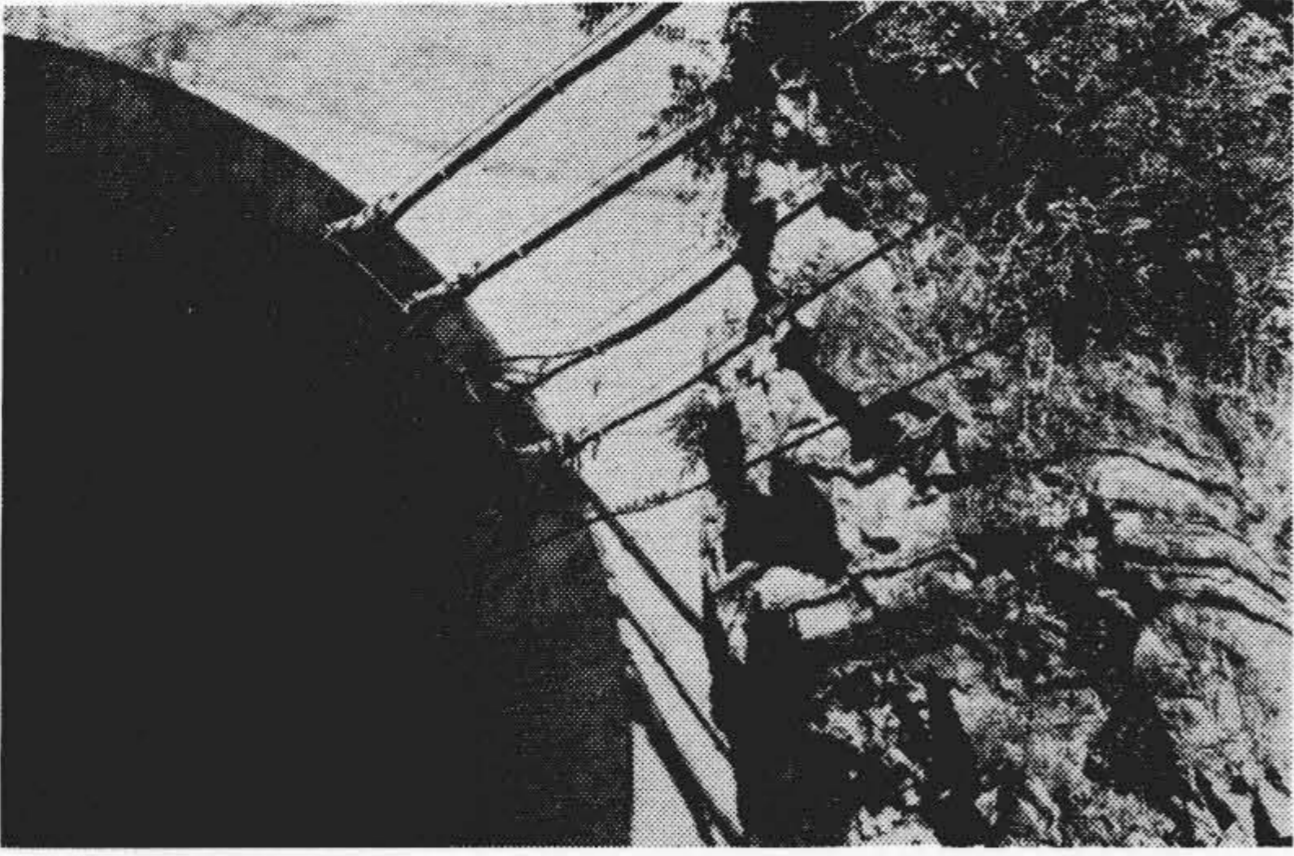
て行っている。同時制御の照明灯、クリーナなどは押ボタンを押すだけの操作でよいが、順次制御の場合は操作が2段または3段となる。たとえばカメラのレンズ焦点を調整する時は押ボタンの「焦点」を押し、方向制御のキーを上または下に倒すと焦点調整用モータがまわる。またカメラ架台を回転させる時は「カメラ回転上下」、あるいは「カメラ回転左右」の押ボタンを押し、方向制御のキーを上または下にすると架台が回転する。回転速度を変えるには「制御減速」のキーを高速または低速に倒しておけばよい。受像架と送像架間の制御ケーブルは60Pの市内ケーブルの中の30Pを使用している。

(6) 線 路

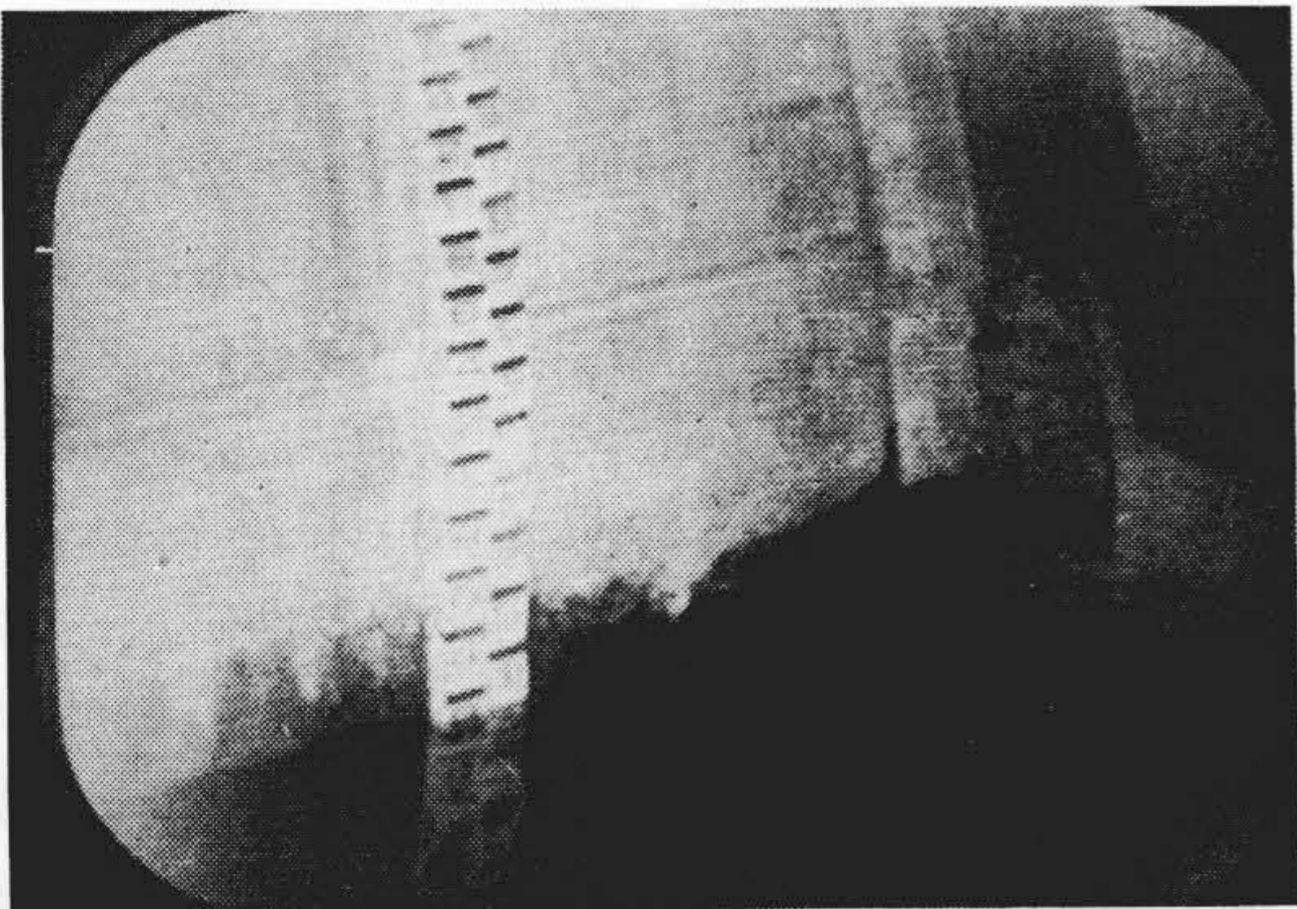
送像架から受像架へ映像信号を伝送するために同軸ケーブルを使用している。同軸ケーブルには発泡ポリエチレン充填のケーブルを使用した。この特性はほとんど10C-2Vに似ているが、外径は細く、軽く仕上げられている。実際の亘長は2,417 mであつたが、発電所からダムまでのケーブル経路がダクト、架空あるいは隧道内懸架などあるため架設状況に応じて鎧装ケーブル、ひょう



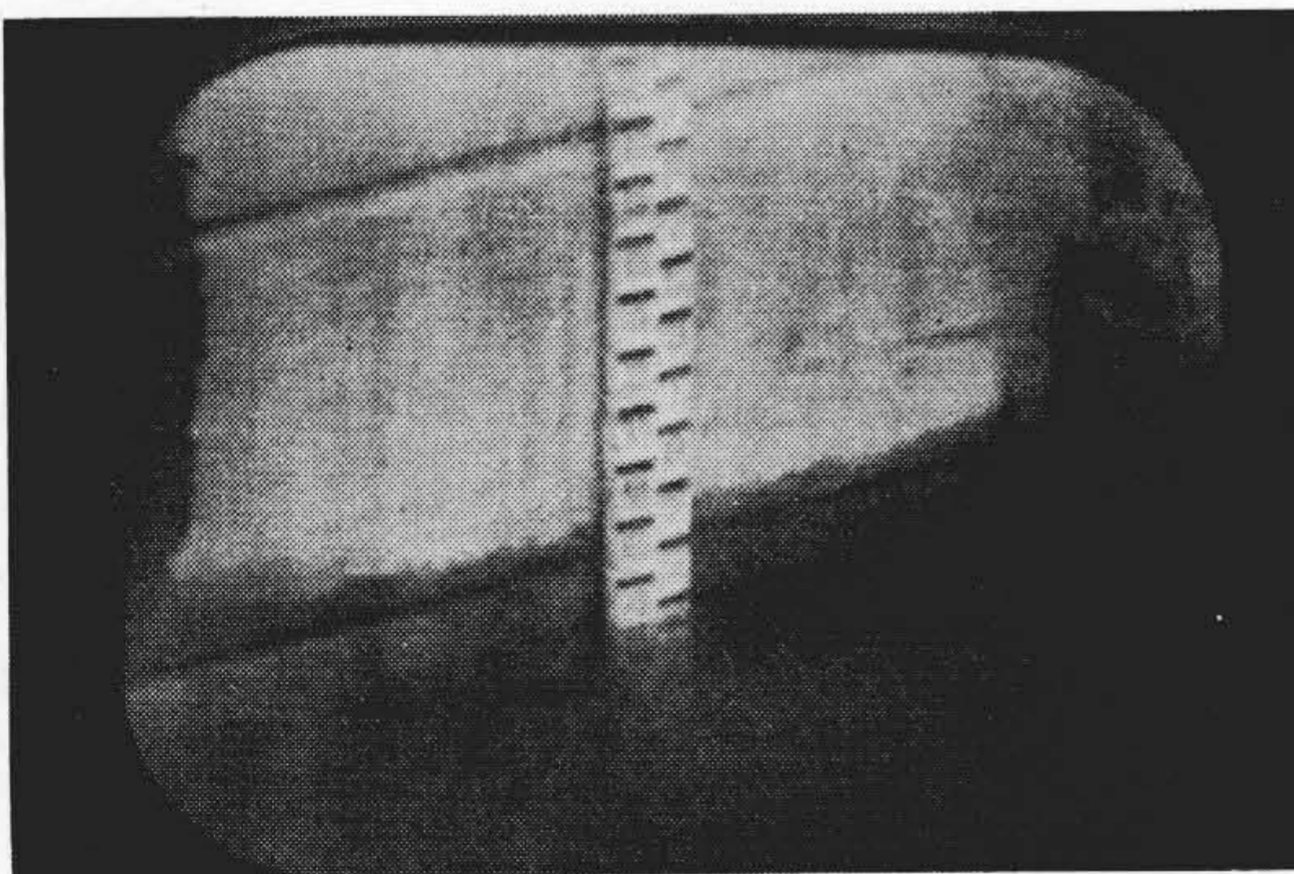
第14図 受像器系統図



第16図 ケーブル架設状況
(最下部が映像伝送ケーブル、最下部より2, 3本目が制御ケーブル上部の太いケーブル2本はダム電源ケーブル)



第17図 水位標受像画(夜間)



第18図 水位標受像画(昼間)

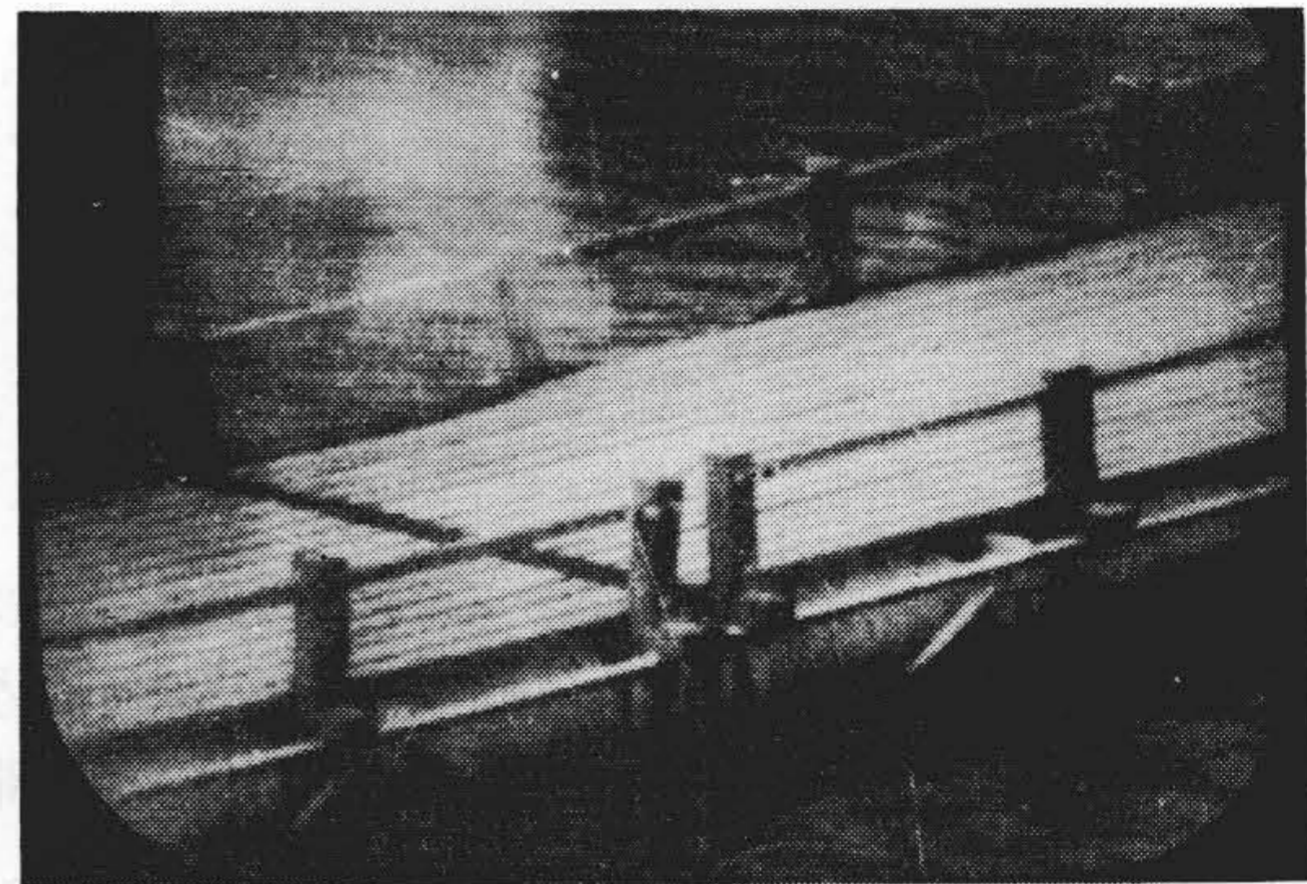
たん型ケーブル、可撓ケーブルなどを使用し接続箇所は14箇所となった。現地測定の結果減衰は20 Mcで60 dbで、インピーダンスは $75 \pm 2 \Omega$ 以下であった。実際に映像信号を送り発電所の受像架で受像しても内部反射による影響はほとんど見られなかつた。第16図は隧道入口のケーブル架設状況で一番下がひょうたん型同軸ケーブル、その上2本が60P市内対ケーブルである。

〔VI〕 受 像 状 況

第17～20図はいずれも受像画面で、第17図は夜間の水位標、第18図は昼間の水位標、第19図は上流監視カメラによる取水塔(昼間)、第20図は水位標監視カメラ



第19図 取水塔受像画(昼間)



第20図 浮棧橋受像画(昼間)

による浮棧橋である。水位標は夜間照度約2,000ルクスで夜間の受像画質は昼間とほとんど差がなく監視できたが、上流監視カメラは据付位置が最初の予定より遠くなつたため投光器の光束を中心に集め取水塔の位置で画面の中心部は約1,000ルクスとなつたが、周辺部がやや暗くなつた。

〔VII〕 結 言

本装置は監視規模、伝送距離などが大きくわが国最大のITV装置となつた。したがつて製作にあつても種々困難が多かつたが、電源開発株式会社の指導の下に日立製作所の関係各工場、研究所の協力により完成を見るに至つた。すなわち中央研究所は当初の計画に参画すると共にパリフォーカルレンズの製作を担当し、回転架台は亀有、亀戸両工場、同軸ケーブルは電線工場(現日立電線株式会社)送受像架およびカメラは戸塚工場が担当して製作した。本装置が将来のITVの発展の一礎石となれば幸いである。

終りに本装置の製作にあつて熱心な御指導をいただいた永田理事、奥野所長、加藤氏始め現地発電所関係各位、特に電源開発株式会社において実際計画を担当して頂いた金子、菊池、福島、坂口の諸氏に深甚なる謝意を表するものである。

参 考 文 献

- (1) 今西, 内藤. 日立評論 37, 579 (昭30-3)