

自動洪水調節装置

Automatic Flood Control Equipment

清水 勝良*
Katsuyoshi Shimizu

中野 修一*
Syūichi Nakano

井立田 義春**
Yoshiharu Itatsuda

内 容 梗 概

本装置は昭和36年5月、建設省九州地方建設局、市房ダムに設置された電子計算機による洪水の計算制御装置である。洪水調節には定水位制御により調節容量を確保する段階と、放流制御により放流量を調節する段階があるが、本文では放流制御について制御方式および制御装置の概要を述べる。

1. 緒 言

梅雨期から台風季節にかけて、集中豪雨や台風による洪水災害は年々跡をたたない。これに対し各地に洪水調節を主目的とした多目的ダムが築造され、洪水の暴威を緩和して災害を最少限に食い止めようとする努力が続けられている。しかしダムの建設にあたっては最新の技術が使用されながら、管理施設については必ずしもこれらの顧慮がされていないのが普通で、洪水調節操作もほとんど監視員の判断による手動操作によって行なわれているのが現状である。今回、建設省九州地方建設局において市房ダムの建設にあたり、ダムの管理施設の合理化と自動化の一環としてわが国では最初の電子計算機による洪水の計算制御装置を計画採用されたことは、この方面の技術を大きく進めるものとしてその成果が注目されている。洪水調節の一段階である定水位制御についてはすでに報告⁽¹⁾済みであるから、本文においては放流制御について方式および装置の概要について述べる。

2. 制 御 方 式

市房ダムにおける洪水調節の方式は次のとおりである。季節によって切替設定される3段階の制限水位を設け、流入量が300 t/s以下の場合には水位を制限水位に対し+10 cmの範囲に保つように制御して常に必要な洪水調節容量を確保しておき、流入量が300 t/sを越えて制限水位より+10 cmになれば、水位制御から自動的に放流の制御に切り替わり、水位が10 cm変化することに必要な計算を行ない、流入量の一部を貯水しながら、下流に対する放流量を定められたプログラムに従って調節する。

放流量を制御するためには流入量、計画放流量、ゲート開度を計算しなければならないので以下本装置に使用する計算式および制御方式について説明する。

2.1 流入量の計算

最も容易で比較的正確に測定できる方式として、本装置では貯水池容量計算の基本となった水位—貯水池面積曲線と、水位の変化速度によって計算する(1)式の方法をとった。

$$Q = \frac{A(H) \times \Delta H}{\Delta t} + q \quad (1)$$

ここに Q : 流入量 (t/s)

A : 貯水池面積 (m²) (水位の関数になる)

ΔH : 水位の変化量 (m)

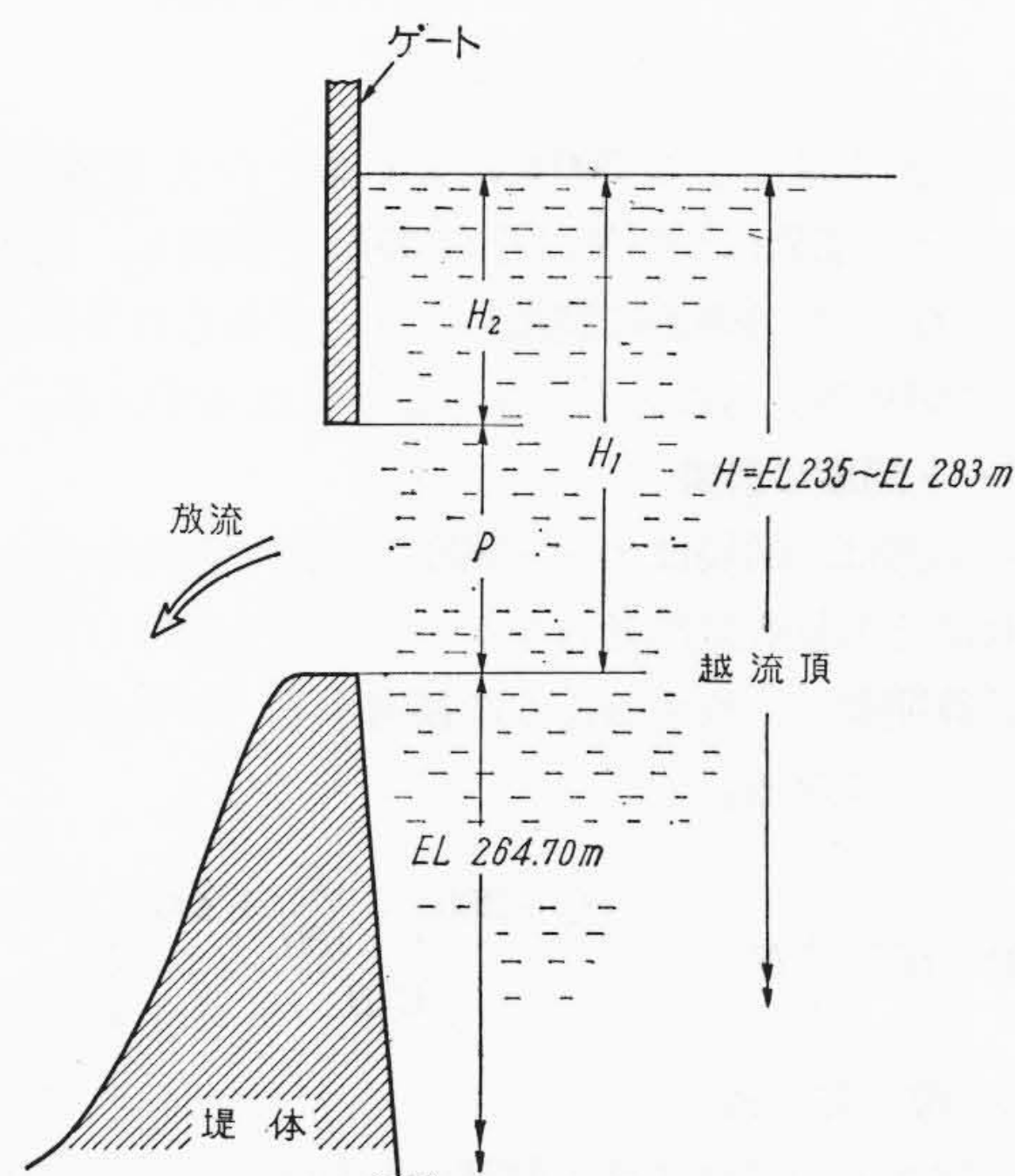
Δt : 水位が ΔH 変化するに要する時間 (s)

q : 放流量 (t/s)

本装置の制御範囲は、第1期制限水位である E L 270.00 m から E L 283.00 m までであるが (E L は海拔)、この範囲においては貯水

* 日立製作所国分工場

** 日立製作所戸塚工場



第1図 記号説明図

池面積は水位の7次の高次式でほぼ正確に近似することができる。ここでは ΔH は 5 cm にしている。したがって、 $A \times 0.05$ はある水位において水位が 5 cm 上昇した場合の貯水池の貯留量で、この間の流入量 (Q) と放流量 (q) の差である。放流量は (2) 式によって計算できるので、水位が 5 cm 変化するに要する時間を測定すれば、流入量を求めることができる。

2.2 放流量の計算

放流量は水位とゲート開度を知り、第1図の記号を用いれば次の実験式で計算できる。

$$q = CB(H_1^{\frac{3}{2}} - H_2^{\frac{3}{2}}) \quad (2)$$

ここに C : 放出係数で、次のように水位の関数になる。

$$C = 0.013H_1 + 1.753$$

B : ゲート幅 (定数)

H_1 : 越流頂より測った貯水池水頭 (m)

$$H_1 = H - 264.70 \quad \text{越流頂の高さは E L 264.70 m}$$

H_2 : 貯水面よりゲート下端までの水頭 (m)

$$H_2 = H_1 - P$$

P : ゲート開度 (m)

H : E L 表示の貯水池水位 (m)

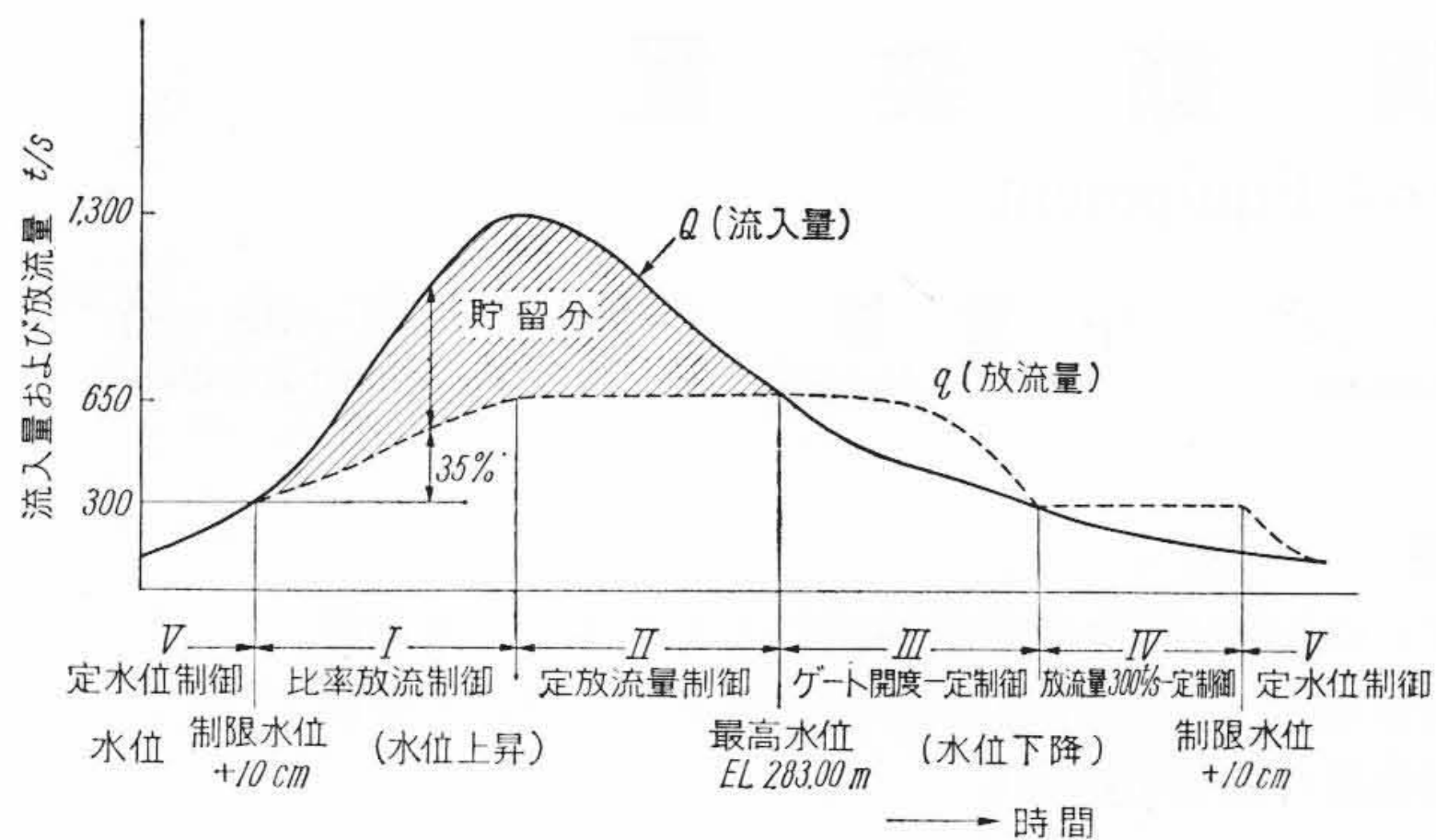
水位およびゲート開度は、常時コダプレート方式の検出器から数値化されて 1 cm 変化するごとに送られている。

2.3 計画放流量

流入量に対しどんな割合で放流すべきかは洪水調節の基本になるもので市房ダムでは次式のように定められている。

$$F = (Q - 300) \times \frac{35}{100} + 300 \quad (3)$$

F : 計画放流量 (t/s) ただし $Q > 300$ t/s



第 2 図 放流量の制御方式説明図

すなわち、流入量のうち 300 t/s まではそのまま放流するが、300 t/s をこえる部分についてはその 35% を放流し、残りはダムに貯留して、放流量を計画的に調節しようとするものである。放流比率は 20% に切り替えることもできるようになっている。

2.4 ゲート開度の計算

放流量の制御は、結局はゲート開度の制御であるから、計画放流量が決まればその放流量に見合うゲート開度を計算し、実際のゲート開度が計算開度に一致するように制御する。計算式は(2)、(3)式から次のようになる。

$$P = H_1 - \left\{ H_1^{\frac{3}{2}} - \frac{(Q - 300) \times \frac{35}{100} + 300}{CB} \right\}^{\frac{2}{3}} \quad \dots\dots (4)$$

2.5 制 御 方 式

第 2 図は放流量のプログラム制御の説明図である。(I) 比率放流制御：流入量が 300 t/s より増加すれば、(3)式によって計算されるとおりの比率放流制御が行なわれる。(II) 定放流量制御：流入量が最大点に達した後は、流入量と放流量が一致するまで最大点の放流量をそのまま放流する。この間は流入量のほうが多いので水位は上昇する。(III) ゲート開度一定制御：流入量が放流量に等しくなってから 300 t/s になるまではゲート開度は流入量、放流量が一致したときの開度をそのまま一定に保つようにする。この間は徐々に水位が下がるので放流量も減少する。(IV) 放流量 300 t/s 一定制御：流入量が 300 t/s 以下になれば、放流量が 300 t/s になるように再びゲート制御を開始する。(V) 定水位制御：この状態でさらに水位が下がり、制限水位より +10 cm になれば、定水位制御に戻る。第 3 図のように流入量が極大点に達し、いったん減少して再び増加し、極大点の値をこえてさらに増加する場合は、極大点の値を超えたときから比率放流制御に復し、以後は極大点があっても同様の制御を行なうようになっている。第 4 図は計算制御フローチャートの概略図である。

3. 制 御 装 置

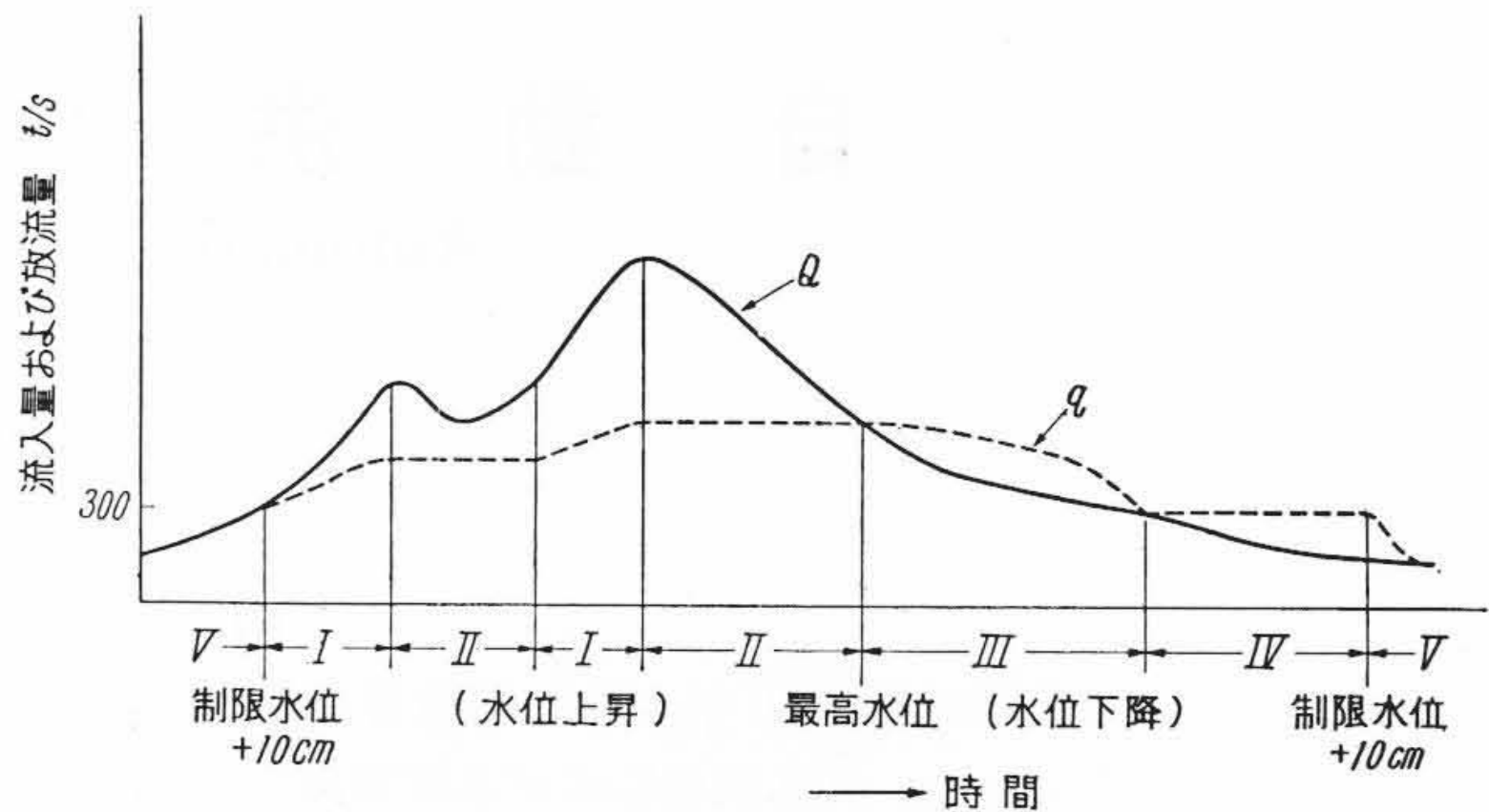
本装置では、このような複雑な計算と放流量のプログラム制御を電気計算機の制御プログラムで行なうようにしているので、装置は小形で比較的簡単になっている。

3.1 装置の構成

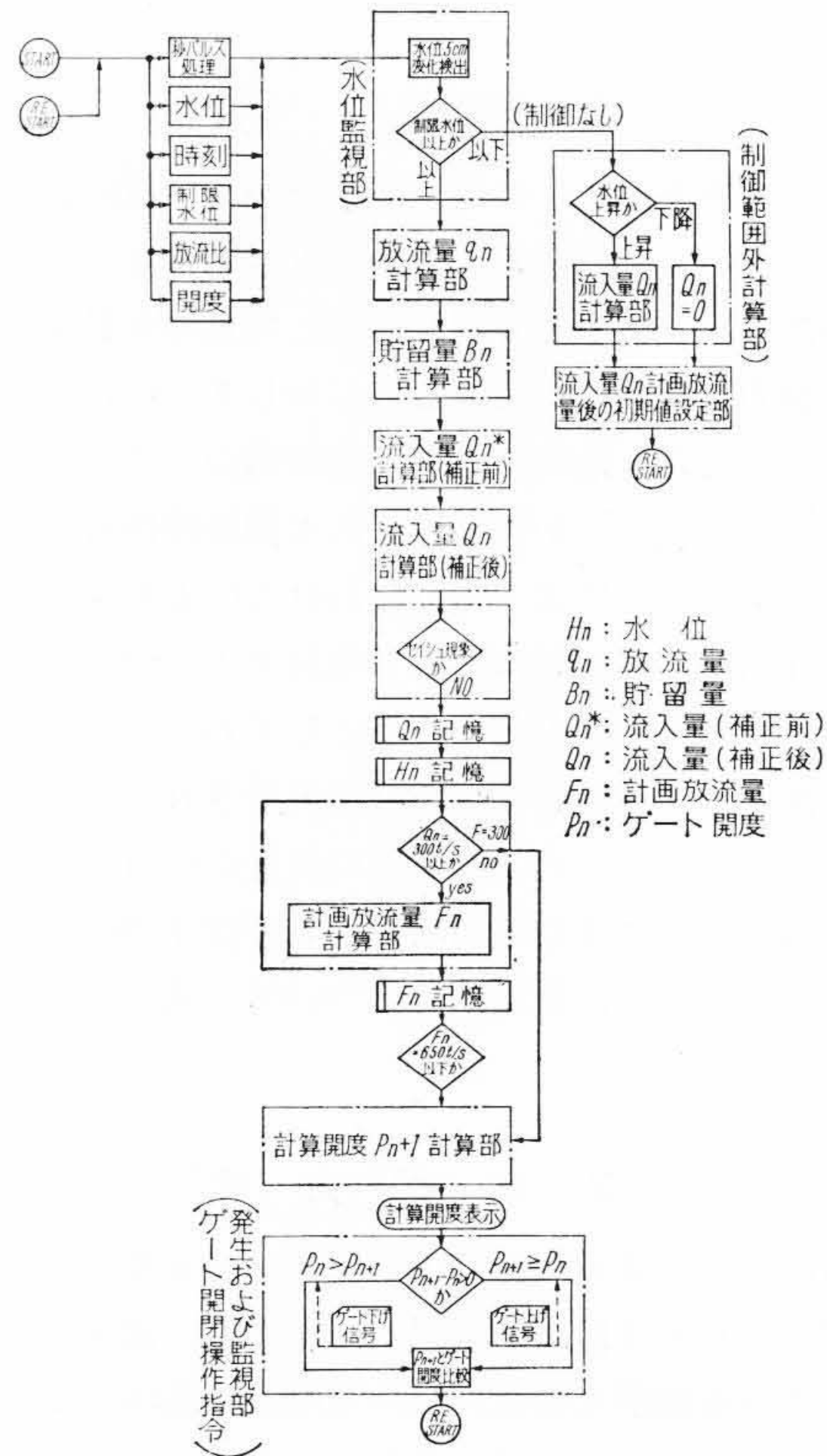
第 5 図は全装置のブロック図である。水位およびゲート開度検出部、定水位制御部、放流制御部、ゲート操作部、表示装置および時計装置によって構成されているが本文では放流制御部について説明する。

放流制御部は、トランジスタ式デジタル計算機 HITAC-501 と入出力装置からなっている。第 6 図は本装置の外観である。

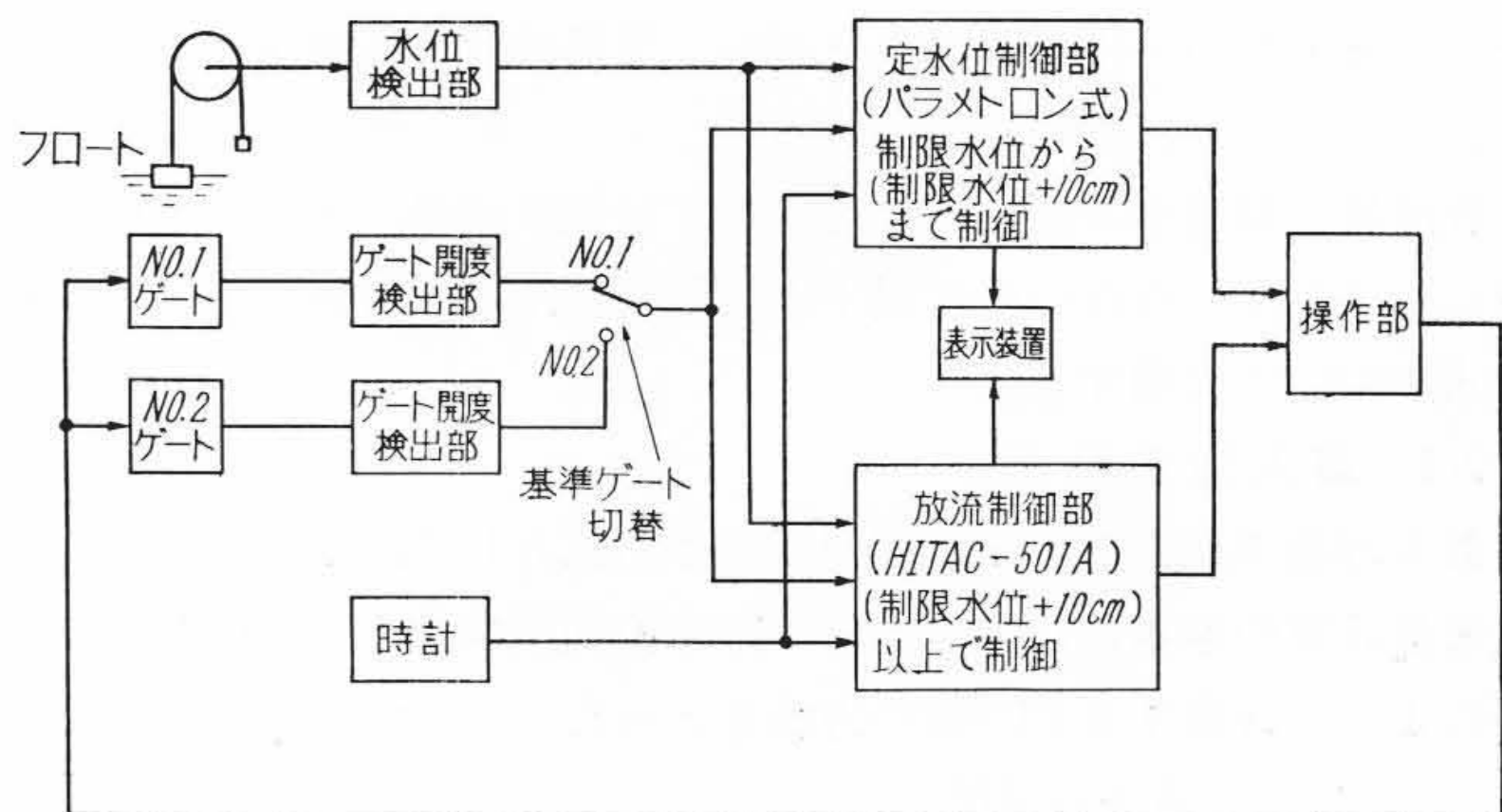
HITAC-501 はデータロガーおよび制御用に設計されたもので、



第 3 図 放流量の制御方式説明図



第 4 図 計算制御フローチャート

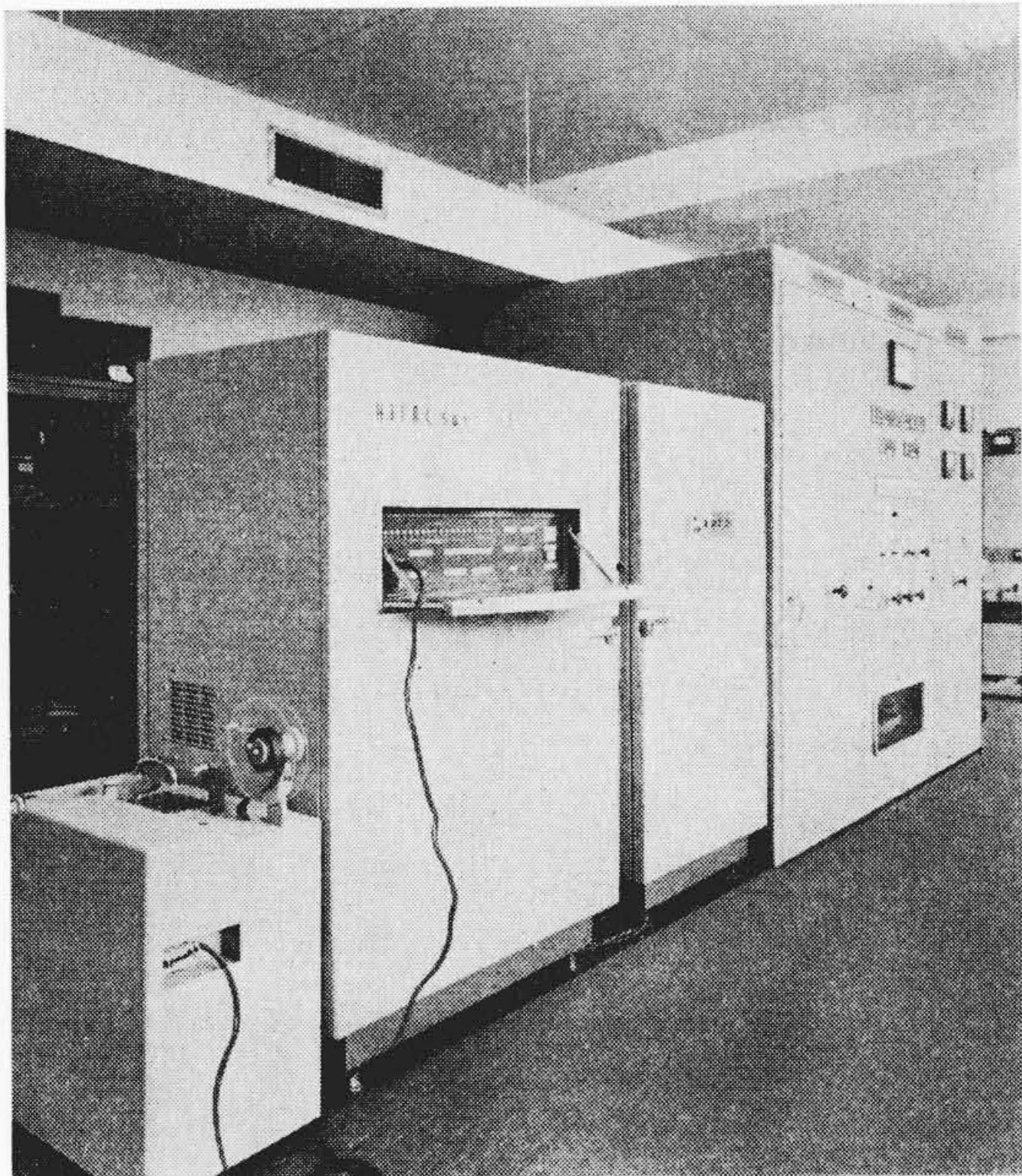


第 5 図 洪水調節装置ブロック図

本装置では入出力装置からの信号を受け、制御プログラムにより必要な計算を行ない、前項に述べた放流量の制御指令を発する中枢になっている。そのおもな仕様は第 1 表に示すとおりである。ストアプログラム方式であるから、プログラムの変更のみで制御方式を容易に変更できる利点がある。

入出力装置は、信号変換用リレー架と機械式テーブリーダーおよびプリンタからなっている。

信号の受渡関係は次のとおりである。水位変動時間測定用の秒パ



左よりテーブリーダー, HITAC-501, 入出力装置, 定水位制御装置

第6図 洪水調節装置据付外観図

第1表 計算制御部のおもな仕様

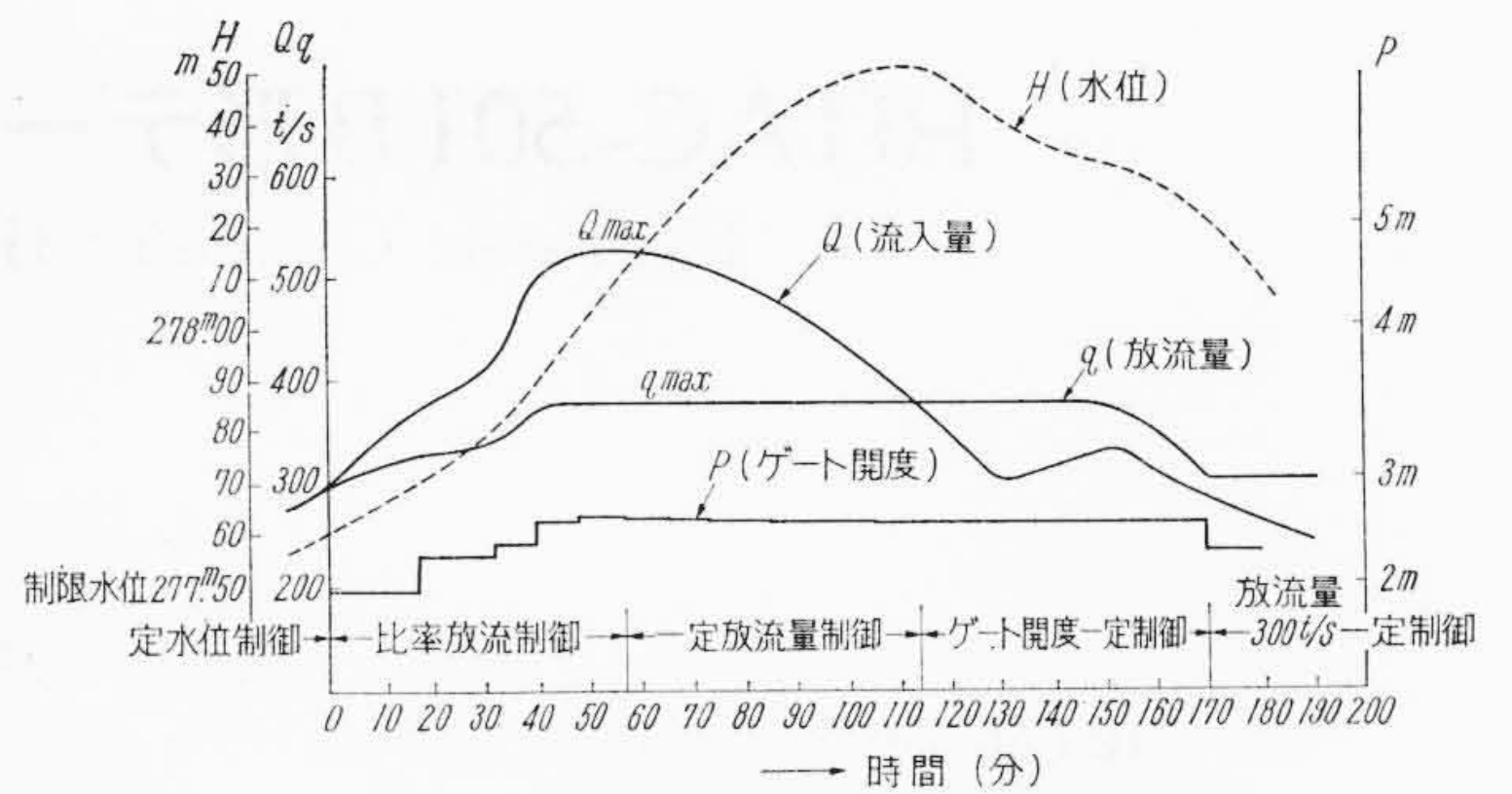
構 成 要 素		トランジスタダイオード
制 御	クロック周波数	約 150 kc
	方 式	2 進 直 列
プ ロ グ ラ ム 方 式	方 式	内 部
	方 式	2 進 20 けた ~ 1 アドレス
命 令 数 値	種 類	32
	形 式	固定少数点
記 憶 装 置	表 現	2 進
	桁 数	符号+19けた
演 算 速 度	方 式	磁気ドラム
	容 量	2,048 語
入出力装置	アクセス時間	平均 2.5ms
	加 減 算	0.14ms
入出力装置	乗 算	5.8ms
	除 算	5.8ms
入出力装置		機械式テーブリーダー 電動タイプライタ データ入出力端 各1 制 御 入 出 力 若 干

ルス信号は時計から直接計算機に送り込まれる。水位, ゲート開度は検出器より, また時刻(時刻印字用)は時計より, 4けたの数値が5中2符号(1, 2, 4, 7)で送られてくる。基準ゲートの切替信号(No. 1ゲート, No. 2ゲート), 放流比率(35, 20%)切替信号, 制限水位切替信号は ON, OFF 信号として定水位制御部から送られてくる。定時印字パルスは1時間または12時間ごとに印字をするための信号である。ゲート開度の計算値はリレー架の前面ドアに直接表示されると同時に, 実開度と比較されてその大小により, ゲート開閉信号が操作部に送られる。流入量が 300 t/s 以上, 放流量が 650 t/s 以上の状態表示信号および流入量, 放流量の計算値は, 入出力装置で10進符号に変換され, 定水位制御部取付の表示装置に送られる。このほか水位読込中の数値のホールド信号は検出部へ, 保護装置動作時のゲートロック信号は操作部へ送られる。

3.2 表示装置

表示装置は定水位制御部に取り付けられており, 数字管とランプ式表示器がある。数字管には流入量, 放流量が表示され, ランプ式表示器には次に示す各種の制御状態と故障個所が表示される。

- (1) 流入量が 300 t/s になったとき
- (2) 放流量が 650 t/s になったとき



第7図 現地試験結果の一例

- (3) 貯水池水位が E L 283.20 m になったとき
- (4) 計算装置故障のとき
- (5) 5 cm の水位変動時間が 70 秒以下のとき

正常状態では 5 cm の水位変動時間が 70 秒以下になることはない

(1)~(3)は表示と同時にブザーで警報し, (4), (5)はベルで警報するとともにゲート制御を中止する。

3.3 保護装置

保護装置には装置故障によるゲートの開き過ぎを制限する装置と, セイシュ現象によるゲートの急激な開動作を防止する回路がある。

ゲート開き過ぎ制限装置はいかなる場合でもゲート開度がその水位で許容される最大開度以上にならないように, ゲートの制御をロックする回路で計算制御部から独立したリレー回路で構成されている。

セイシュ現象は貯水池水面がある周期をもって振動する現象で, 水位が変動するため見掛上流入量が急激に増加したように計算されることがある。この場合はゲートが必要以上に大きく開かれる危険があるのでこれを防止するために, 制御プログラムに次の条件を入れ, この条件にかかったときは計算機はセイシュ現象と判定して流入量を前回の計算値から推定計算するようにしている。

この条件は正常状態では流入量の増加率は毎分 7.5 t/s より大きくならないという考え方に基いて(5)式のように決められている。

$$\frac{Q_n - Q_{n-1}}{2 \Delta t} > \frac{7.5}{60} \dots \dots \dots (5)$$

Q_n : ある計算水位における流入量 (t/s)

Q_{n-1} : Q_n より 1 つ前の水位における流入量 (t/s)

Δt : 水位 5 cm の上昇時間 (s)

4. 現地試験結果

本装置は納入時, 現地において動作試験を実施した。第7図は動作試験結果の一例である。流入量に対して放流量, ゲート開度, 貯水池水位の変化を示したものであるが, 放流量は所定のプログラムどおり制御されている。

5. 結 言

本装置は昭和 36 年 6 月より運転に入っているが, ダムの制御装置として, このような大がかりな電子応用装置が使用されている例はほかになく, 今後この種の電子技術がますます広くダムの管理施設に応用されることを期待してやまない。装置の製作にあたっては九州地方建設局および市房ダム工事事務所副島所長, 広瀬技官より有益なご指導を賜った。ここに厚くお礼申上げる次第である。

参 考 文 献

- (1) 清水, 中野, 笹間: ダム水位自動制御装置 日立評論 (1961-11)