

# 近畿地方建設局毛馬洗せき管理施設制御装置

Controlling Equipment for Kema Weir of Kinki Regional Construction Bureau

河野 照 義\* 松 尾 六 郎\*\*  
Teruyoshi Kawano Rokurô Matsuo

## 要 旨

水資源を有効に活用するため、河川の利水と治水を管理することが重要になってきた。本稿では自動放流制御を行なう場合の要求放流量の決定法、実放流量の測定法およびゲートの制御方式を述べ、またゲート開度、水位のテレメータや遠方制御装置の概要について述べる。

本装置は大阪の淀川下流の毛馬洗せき管理所に納入し好調に運転中である。

## 1. 緒 言

近年、工業の発展と生活様式の向上に伴って、工業用水や上水道用水などの需要が急速に増加している。河川の管理には洪水に対する治水と水道、かんがい、および舟の運行などの利水とがあるが、元来自然に頼るものであって水資源にはおのずから限度があるから、水需用の増加に応ずるためには限られた水資源をもっとも有効に活用する必要がある。しかし河川の流量制御は各河川の特質や種々の要因のため非常に複雑であって従来あまりこの面での自動制御を行なった例がなかった。

今回大阪の大動脈である淀川の治水と利水を管理する近畿地方建設局毛馬洗せきに、淀川支流の大川の自動放流制御装置、一津屋樋門を含む毛馬洗せき周辺のゲート群の集中制御装置を設置し利水の自動化が行なわれ現在好調に運転中である。以下、管理施設の概要と本集中管理装置について述べる。

## 2. 毛馬洗せき管理施設の概要

毛馬洗せきは図1に示すように淀川が大阪市に流入する入口に所在し、淀川の水を総合的に管理している。すなわち一津屋樋門および毛馬洗せきによって平常時はそれぞれ神崎川と大川の維持用水を補給し、洪水時には大阪の市街地を通る大川(旧淀川)を避けて淀川を通じて直接大阪湾に放流する。

図2は毛馬洗せき周辺の管理施設の概要を示し、図中⑥の給水樋門を通して工業用水、水道用水、かんがい用水を長柄運河に補給するとともに③の第一閘門および④の第二閘門により大阪市への舟の運行を確保する。

また大川は感潮河川であって、自然流量は潮の干満の影響を大きく受けるが、市街地を貫流するため河川の浄化効果も考慮する必要があり毛馬洗せきは最適の維持用水を計算して制御することが望まれる。

以上述べたこれらの水門は相互に関連をもっているから合理的な水資源の活用を図るには総合的に監視制御する必要がある。

今回毛馬洗せき中央管理所に、総合管理装置を設置し、淀川水系の合理的活用を図ることになった。

図3は本装置の構成を示したものであり、毛馬洗せきの自動放流制御装置と各水門の遠方制御、テレメータ装置からなる集中監視制御装置で構成されている。このほか毛馬洗せき、長柄可

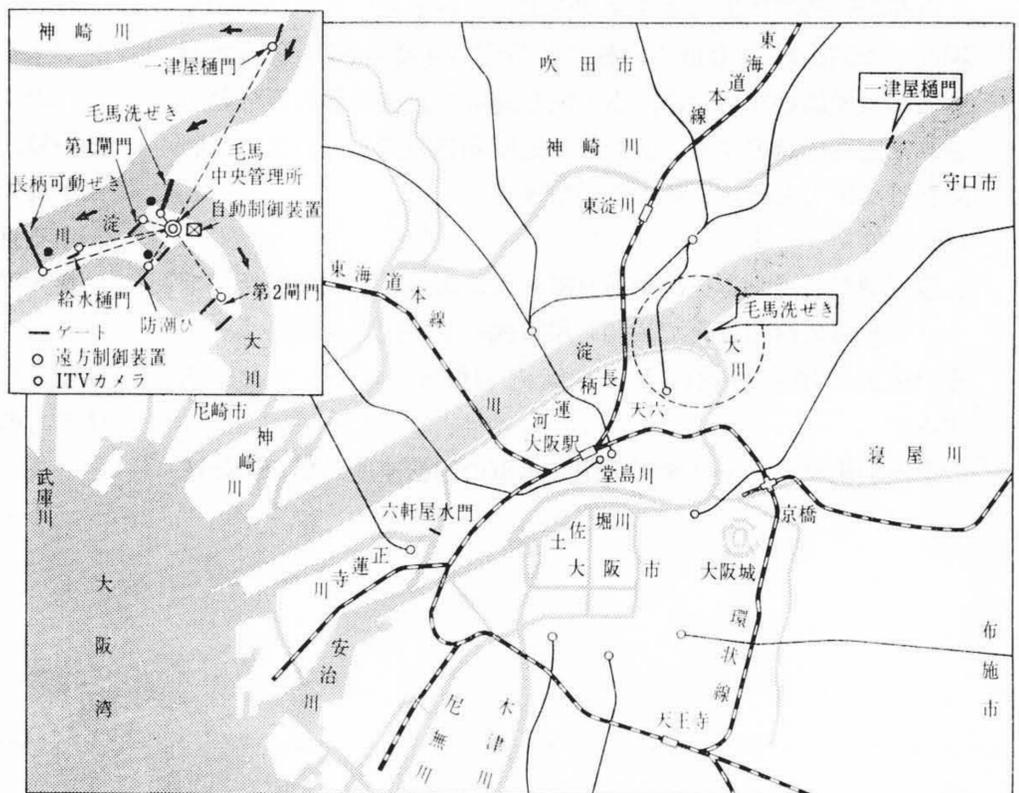


図1 洗せき周辺地図

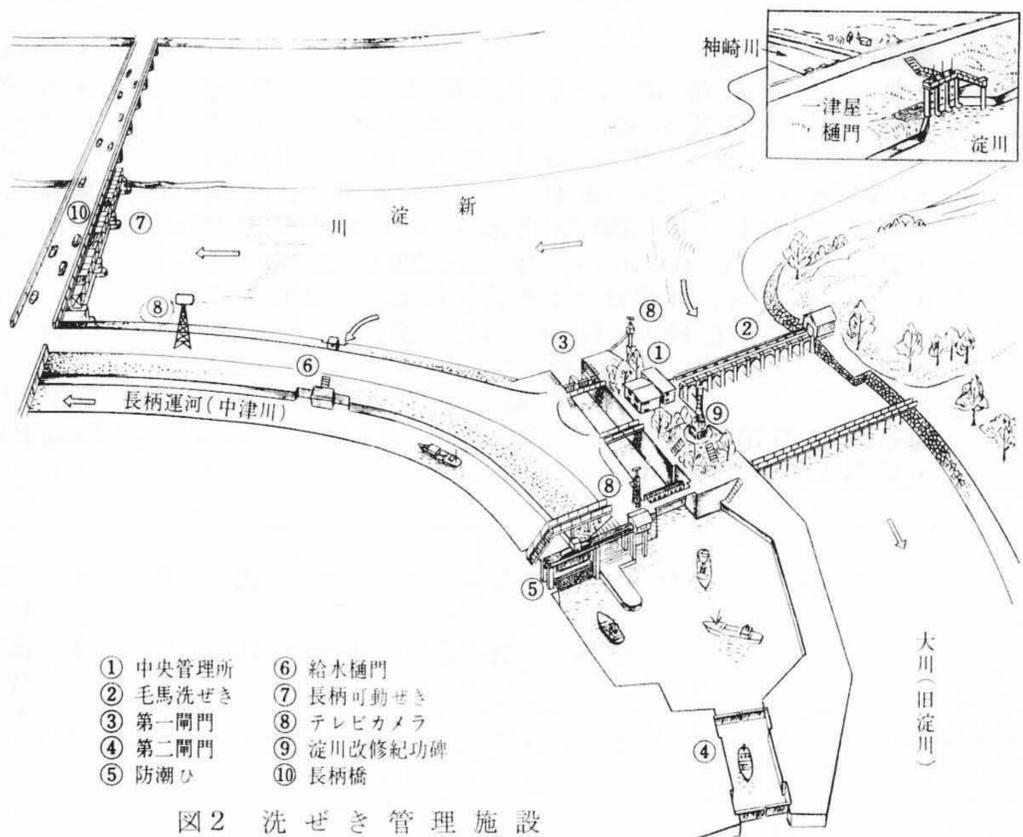


図2 洗せき管理施設

動せき、第一第二閘門の水門操作状況と舟の運行を直接監視するための工業用テレビ、放流時の避難警報放送装置などがある。

\* 近畿地方建設局

\*\* 日立製作所国分工場

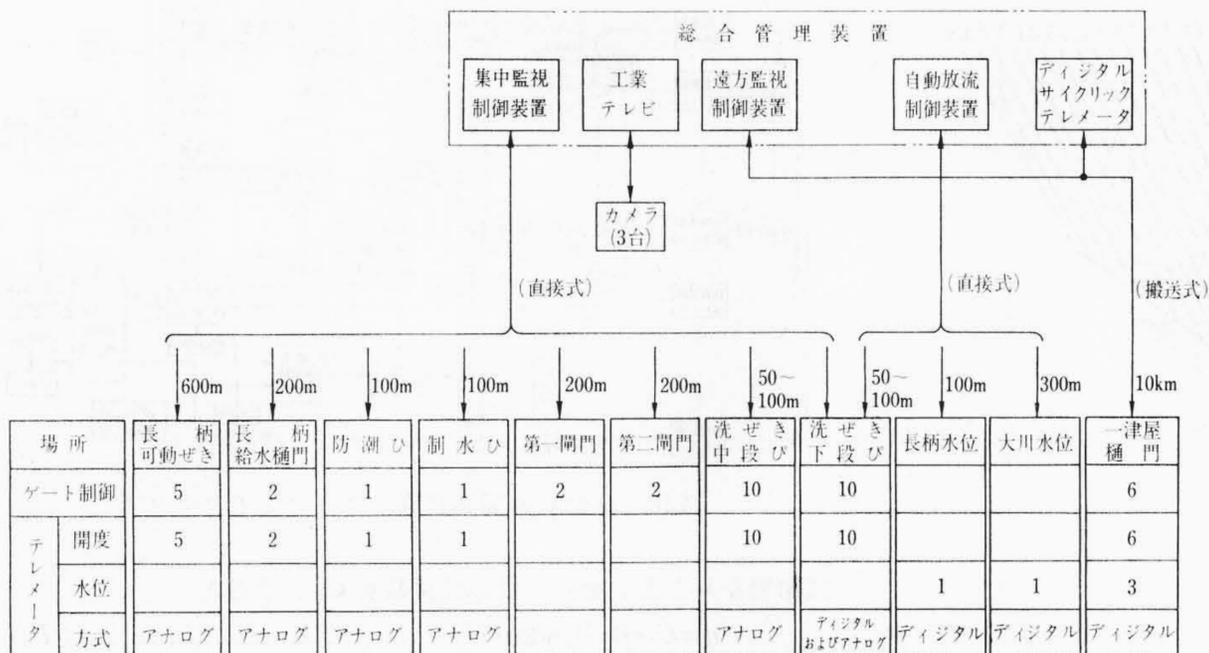


図3 総合管理装置

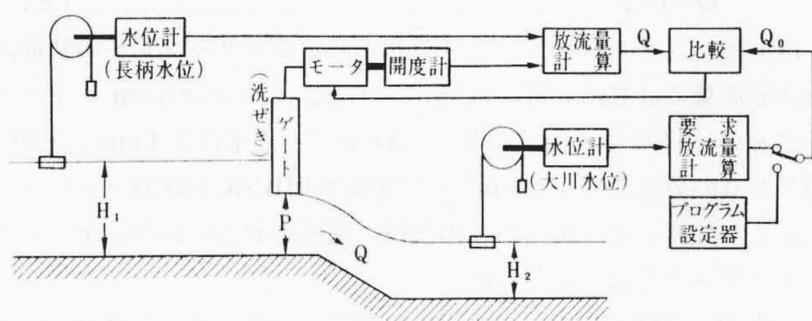


図4 自動放流制御装置原理説明図

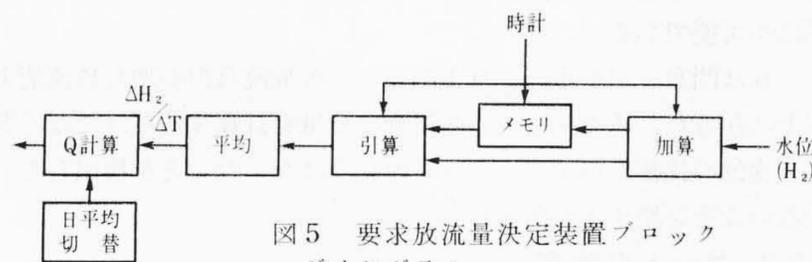


図5 要求放流量決定装置ブロックダイアグラム

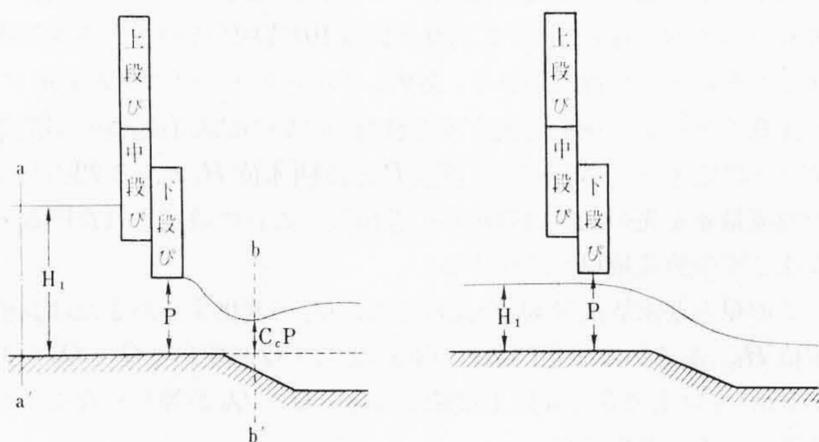


図6 毛馬洗ぜき放流図

### 3. 自動放流制御装置

毛馬洗ぜきでは大川の維持用水として従来 70 m<sup>3</sup>/s を放流していたが、大川は感潮河川であって一定量放流では満潮時には浄化効果が少なく逆に干潮時には流速が大となって浄化効果が大きい。したがって潮の干満に対応して放流量を変化させてやれば1日の平均放流量を従来より少なく (60 m<sup>3</sup>/s 以下) しても浄化効果はかえって大きくすることができ、節約した水を長柄可動せきで貯えて工業用水などに使用すれば水資源活用の意味から経済的効果も非常に大きい。

図4は自動放流制御装置の原理説明である。まず洗ぜきの下流水

位(大川水位)  $H_2$  を測定し、その時間的変化から大阪湾の干満を検出して最適要求放流量  $Q_0$  を計算する。一方洗ぜきの開度  $P$  と上流水位 (長柄水位)  $H_1$  を測定しこれから実際の放流量  $Q$  を算出する。この  $Q_0$  と  $Q$  を比較してこれが一致するようにゲートを制御する原理となっている。また要求放流量  $Q_0$  は制御に融通性を持たせるため、手動で設定したプログラム設定器による制御を行なうこともできる。

#### 3.1 要求放流量 $Q_0$ の決定

図5は要求放流量  $Q_0$  決定回路のブロック図である。デジタル時計からの分パルスにより、毎時51分から1分ごとに下流水位  $H_2$  の測定値を加算回路で10回連続積算する。加算終了後メモリ回路に記憶されている1時間前の積算値との差を引算回路で計算し、平均回路で1/10としたのち4捨5入して1時間当たりの水位変化率  $\Delta H_2 / \Delta T$  を求める。この値は1日の平均放流量を一定とした場合もっとも浄化効果が上がるようにあらかじめ定められた要求放流量  $Q_0$  に換算される。表1は  $\Delta H_2 / \Delta T$  の  $Q_0$  換算表であり、季節的な水量の多少に応じて平均放流量を60, 70 および 80 m<sup>3</sup>/s に切替可能としている。また計算が完了すると加算回路の内容をメモリに移し替え1時間後の計算に備える。ここで水位を10回測定し平均しているのは、さざなみによる瞬間的変化の影響をなくすためである。

一方、プログラム制御を行なう場合はピンボード上に1時間間隔で24時間分、5 m<sup>3</sup>/s きざみで40~120 m<sup>3</sup>/s まで設定することができる。ピンボードには現在の設定量がランプ表示され、また1日の放流量がグラフ状に表現されるので保守上便利である。

#### 3.2 実放流量の $Q$ の計算<sup>(1)</sup>

毛馬洗ぜきは図6のような3段式ローラゲートで上段びは固定されており、下段びの開閉によって自動制御が行なわれる。

放流状態には水位とゲート開度に応じて図6に示すようにオリフィスフローとフリーフローがある。

オリフィスフローは  $P < 1.3 H_1$  の範囲で、射流水脈はリップ (ゲート下端) を離れてからいったん収縮し次に底面摩擦損失のため水深を増加する。断面  $aa'$  と  $bb'$  におけるエネルギーの関係は(1)式のようなになる。

$$H_1 + \frac{v_1^2}{2g} = C_c \cdot P + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H \dots \dots \dots (1)$$

- ここに、  $H_1$ : 上流水位 (m)
- $v_1$ :  $aa'$  における平均流速 (m/s)
- $g$ : 重力の加速度 (m/s<sup>2</sup>)
- $C_c$ : 収縮率
- $P$ : ゲート開度 (m)
- $v_2$ :  $bb'$  における平均流速 (m/s)
- $\Delta H$ : 損失水頭 (m)

表1 流量換算表

$\Delta H_2 / \Delta T$ (cm/h)	11以上	10~1	0~-4	-5~-14	-15~-19	-20以下
日平均 $Q_T$ (m <sup>3</sup> /s)						
60	40	50	60	70	80	100
70	50	60	70	80	90	110
80	60	70	80	90	100	120

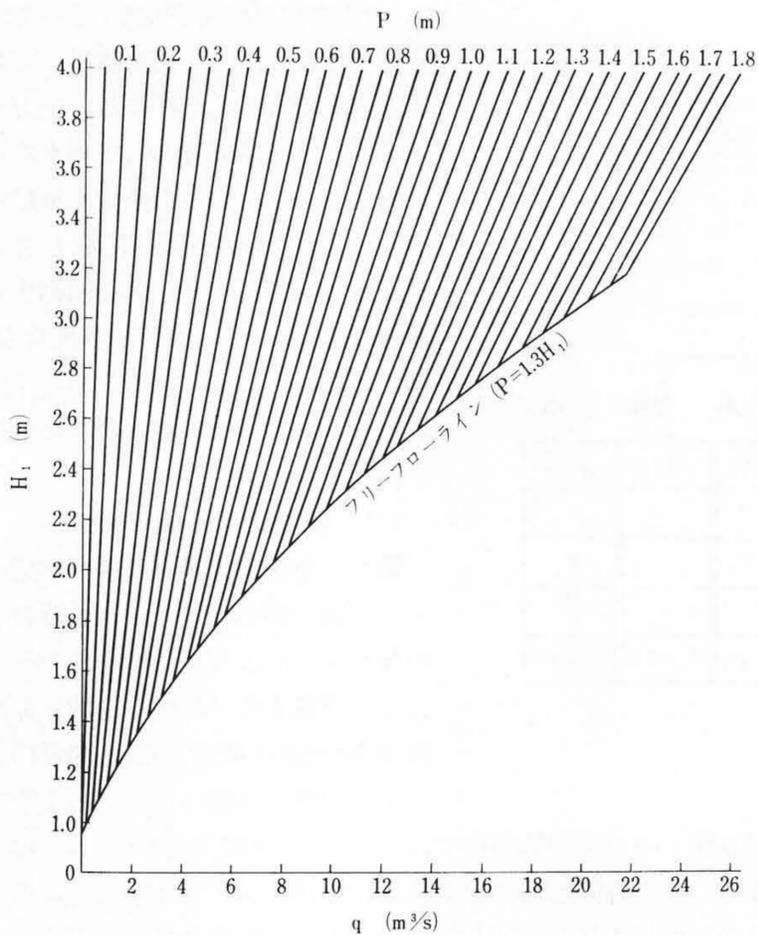


図7 水位、開度、流量曲線

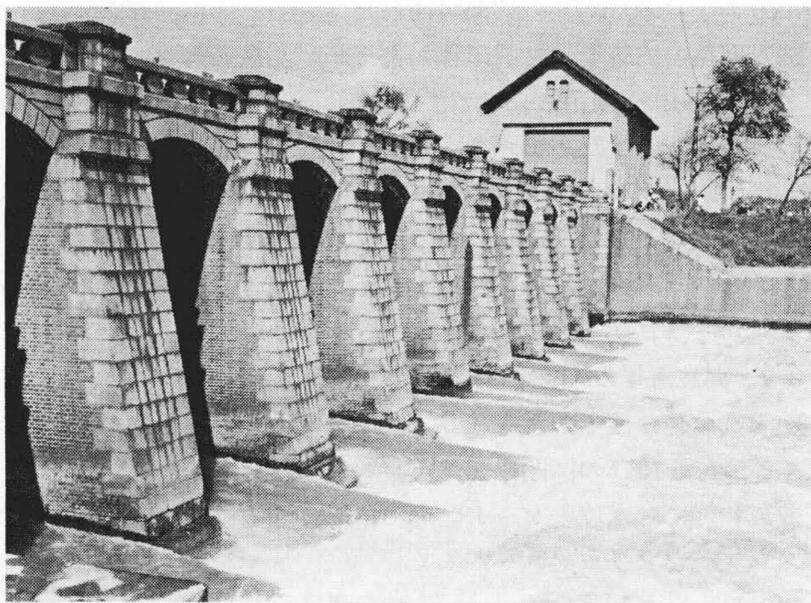


図8 毛馬洗ぜき

また、1門のゲート幅を  $B$  (m) とすると1門当たりの放流量  $q$  ( $m^3/s$ ) は

$$q = v_1 \cdot H_1 \cdot B = v_2 \cdot C_c \cdot P \cdot B \dots \dots \dots (2)$$

つぎに流速係数  $C_v$  を

$$C_v = \frac{v_2}{\sqrt{2g(H_1 + v_1^2/2g - C_c \cdot P)}} \dots \dots \dots (3)$$

で定義すると  $q$  は(1), (2), (3)式より

$$q = C_q \cdot B \cdot P \sqrt{2g \cdot H_1} \dots \dots \dots (4)$$

と表わせる。ただし

$$C_q = C_v \cdot C_c \sqrt{\frac{(1 - C_c \cdot P/H_1)}{(1 - C_v^2 \cdot C_c^2 \cdot P^2/H_1^2)}} \dots \dots \dots (5)$$

(3)式において  $C_v \approx 1$  とし(5)式を(6)式のように簡略化する。

$$C_q = C_c \sqrt{\frac{1}{(1 + C_c \cdot P/H_1)}} \dots \dots \dots (6)$$

毛馬洗ぜきで  $H_1$  と  $P$  の数点について実測し  $C_c$  の平均値を求め 0.589 を得た。  $B$  は 3.64 m である。

次にフリーフローは  $P \geq 1.3 H_1$  の範囲で、せきの下流水深が上流

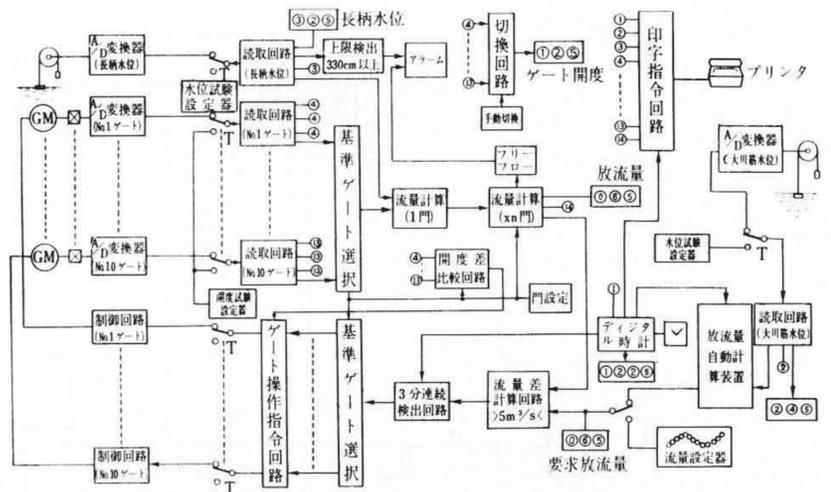


図9 自動放流制御装置ブロックダイアグラム

に影響を与えない範囲では越流係数を  $C_f$  とすると

$$q = C_f \cdot B \cdot H_1 \sqrt{2g \cdot H_1} \dots \dots \dots (7)$$

となり、  $C_f$  も  $C_v$  と同様に実測値を平均して 0.374 を得た。

なお全放流量  $Q$  は門数を  $n$  とすると(8)式のとおりである。

$$Q = n \cdot q \dots \dots \dots (8)$$

以上述べたとおりオリフィスフローおよびフリーフローの状態における流量の計算は非常に複雑であるが、ゲートは 5 cm を 1 ステップとして制御されるので開度を 5 cm ごと、水位を 1 cm ごとの 1 門当たりの放流量  $q$  を 0.1  $m^3/s$  の精度で HIPAC 103 形コンピュータにより計算して、あらかじめ機械に記憶させるいわゆるテーブルックアップ方式を採用した。

水位  $H_1$ 、開度  $P$ 、流量  $q$  の関係を図7に示す。フリーフローライン以下が  $P \geq 1.3 H_1$  の範囲であり、(8)式からわかるとおり放流量  $q$  はゲート開度  $P$  に関係なく  $H_1$  のみで定まるのでゲートによる制御は不可能である。

これは門数設定不足により1門当たりの放流負担が増し放流能力以上になったためであり、この場合は流量を計算するだけでなく開度と水位の比較からフリーフローの範囲になったことを検出して、門数の設定を増すよう警報している。

### 3.3 ゲートの制御

図8に示す毛馬洗ぜきは図6のような3段式ローラゲート10門よりなっており自動制御は下段とびら10門中任意のゲートを選択することによって行なわれる。図9にブロックダイアグラムを示す。

任意のゲートを選択設定すると自動的にいちばん右岸寄りが基準ゲートに定まり、このゲート開度  $P$  と長柄水位  $H_1$  から1門当たりの放流量  $q$  を先の記憶内容から引き出し、これに設定された門数  $n$  を乗じて全放流量  $Q$  を計算する。

この  $Q$  と要求放流量  $Q_0$  を比較して、  $Q_0$  が変化するかまたは長柄水位  $H_1$ 、あるいは設定門数の変化によって  $Q$  が変わり  $Q$  と  $Q_0$  の差が  $5 m^3/s$  以上で3分間以上継続すると、  $Q$  と  $Q_0$  が等しくなるよう基準ゲートを制御する。

全ゲートの開度はデジタル式開度計で検出され、選択されている非基準ゲートは開度差比較回路によって基準ゲートと一致するよう制御される。このため基準ゲートだけに開度計を設け一斉制御する方式のようにゲート特性のバラツキにより基準ゲートと非基準ゲート間に開度差を生ずることはない。

洪水や高潮の場合は長柄可動せきを開いて新淀川から直接大阪湾に放流する。

### 3.4 装置の構成

本装置は要求放流量と実放流量の計算回路、デジタル時計、印字指令回路、プリンタ、ピンボード、表示器、警報回路、試験回路などで構成されている。

水位、開度、要求放流量、実放流量、時刻はそれぞれ数字表示管

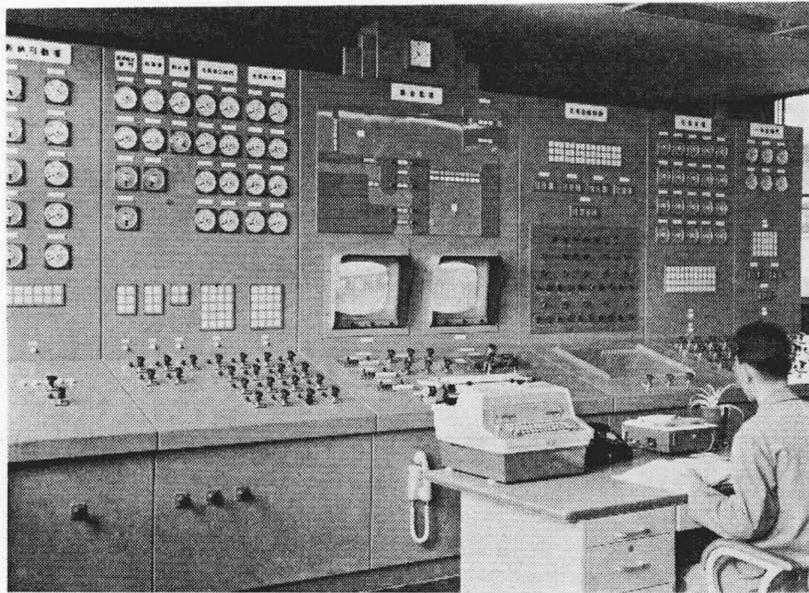


図10 中央監視制御盤

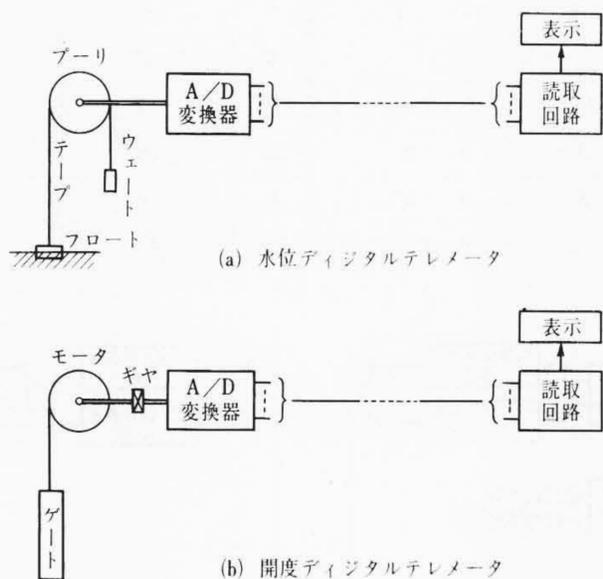


図11 デジタルテレメータブロック図

でデジタル表示され、定刻と位意時刻およびゲート制御終了後電動プリンタに自動的に印字記録される。水位、開度が上限に達した時や万一符号誤り、制御渋滞が発生した場合は装置をロックするとともにランプ表示し、ブザーで警報する。

装置の動作は模擬試験回路で随時簡単にチェックできる。試験に切り換えると水位とゲート開度の読み取り回路は試験設定器に接続されゲート操作指令回路は切り離される。試験設定器は cm 単位で3けたの設定ができ、水位を任意にセットすれば要求放流量の計算、その水位におけるゲート開度、放流量の計算など制御動作をチェックできる。

従来この種の計算制御には複雑な汎用コンピュータを使用していたが、立地条件、稼働条件、信頼性の点から好ましくないのでコンピュータの計算結果をあらかじめ装置に記憶させる方式とし、ワイヤスプリングリレーとシリコンダイオードを用いた独特の計算回路を使用した。このためゲート制御時に発生するノイズに対しても誤動作することがなく、また保守も容易である。

#### 4. 集中監視制御装置

毛馬洗せき周辺にはすでに述べたとおり合計39門のゲートが8箇所点に所在しているため、これを管理所で総合的に監視制御するよう開度、水位のテレメータ、ゲートの遠方制御装置を設定した。

各ゲートの制御とテレメータには図3に示すとおり距離と目的に応じて最適の方式を使用した。一津屋以外は比較的近距离であるから各ゲートごとに連絡線を設けて直接式とし、一津屋は連絡線の費用を少なくするためトンネル搬送によるパルスコード形遠方制御方式としている。

表2 アナログテレメータ一覧表

場所	台数	距離	短針		長針		最大誤差
			きざみ	目盛	きざみ	目盛	
長柄可動せき	5	630 m	1 m	10 m	1 cm	100 cm	±2 cm
長柄給水樋門	2	200 m	10 cm	2 m	1 cm	10 cm	±0.2 cm
毛馬洗せき	20	50~100 m	10 cm	2 m	1 cm	10 cm	±0.2 cm
制水ひ	1	100 m	1 m	10 m	1 cm	100 cm	±2 cm
防潮ひ	1	100 m	10 cm	3 m	1 cm	10 cm	±0.2 cm

表3  ${}_5C_2$  符号構成表

10進数	${}_5C_2$	R	1	2	4	7
1		1	1	0	0	0
2		1	0	1	0	0
3		0	1	1	0	0
4		1	0	0	1	0
5		0	1	0	1	0
6		0	0	1	1	0
7		1	0	0	0	1
8		0	1	0	0	1
9		0	0	1	0	1
0		0	0	0	1	1

図10は毛馬洗せきの自動制御装置を含む中央監視制御盤で左より長柄可動せき用、給水樋門と防潮ひ制水ひ閘門関係、中央がゲートの配置と開閉状態を示すグラフィックパネルとテレビ受像機盤、つぎが毛馬洗せきの自動制御盤、右端が一津屋樋門用で手前机上がデータをデジタル記録する電動プリンタである。

#### 4.1 テレメータ

テレメータにはアナログ式とデジタル式があるがそれぞれの長所を生かして両方式を併用した。

アナログ式は誤差の点でデジタル式に及ばないが構造が簡単で、指示を直観的に判断できる点がすぐれているので一津屋以外のゲート開度の指示に用いた。デジタル式は高精度が要求される水位測定のほか、洗せき下段の開度測定にアナログ式と併用し、指示をアナログ式、自動制御をデジタル式とした。また一津屋は距離が遠いため1チャンネルの伝送路で多数のデータを伝送できるデジタルサイクリックテレメータ方式を用い水位とゲート開度を測定している。

##### (1) アナログテレメータ

方式はセルシン式で精度を良くするため指示計は長短2針式とした。長柄可動せきを例にとると、発信器は1 m 1回転とし指示計の長針をこれに連動させ長針の回転を10 m 1回転にギヤダウンして短針を回す。誤差は1回転ごとに積算されないため0~10 mの範囲で±2 cm(±0.2%)以下である。

アナログテレメータの一覧表を表2に示す。

##### (2) デジタルテレメータ

図11は本装置のブロック図で、水位の上下はフロートとテープを介して、またゲートの開閉はギヤを介してプリーの回転角に変え、これに連動するA/D変換器で10進法の0~9に相当する2 out of 5 ( ${}_5C_2$ )のデジタル符号に変換する。これを表3に示す。表中「1」は回路閉、「0」は回路開で5個の符号のうち「1」が2個あるかどうかで正誤をチェックできる。

##### (3) デジタルサイクリックテレメータ

一津屋樋門のゲート開度6量と水位3量については距離が10 km 離れている点から、デジタルサイクリックテレメータを適用した。

本装置はトランジスタの論理回路で構成され信号伝送装置1チャンネルで伝送される。予備1量を含む10量の伝送に要する時間は約16秒である。

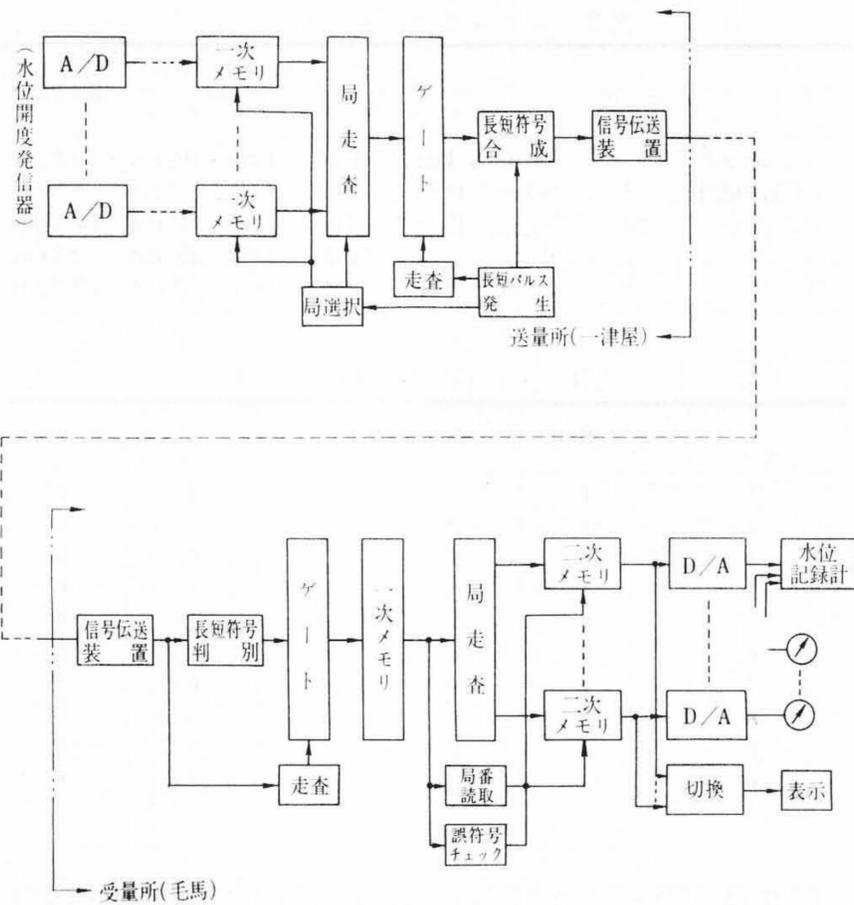


図12 デジタルサイクリックテレメータブロック図

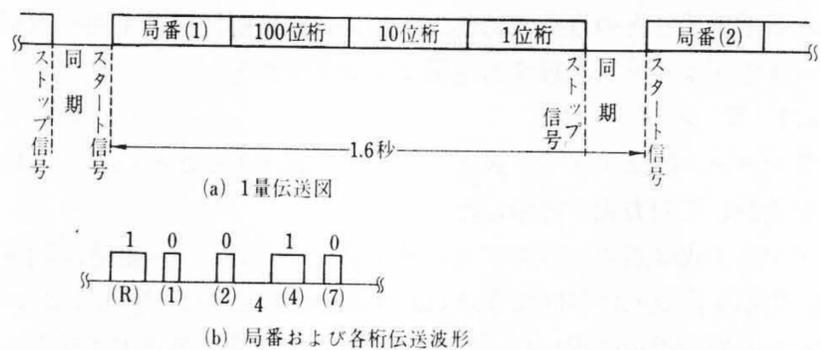


図13 デジタルサイクリックテレメータ伝送波形

図12に送量装置と受量装置のブロックダイヤグラムを示す。水位、開度の発信器より3けたの2 out of 5信号を、おのおの17心のケーブルで一津屋監視所内の送量装置に伝送しこれに局番を付けて4けたとする。局選択回路では各発信器の出力を一定周期で繰り返し走査するが、このとき水位あるいは開度が変化しても符号誤りが無いよう一たん一次メモリに記憶する。

つぎにゲート回路を走査すると、A/D変換器が回路閉のときANDゲートが開くので出力には「1」「0」符号とパルスの有無が対応し局番と水位または開度が図13(a)のように時間的に直列なパルスレーンとなる。符号合成回路ではゲート回路の出力にパルスが有る場合長パルス、無い場合短パルス発生回路がそれぞれ接続されるので、水位あるいは開度発信器の出力は局番とともに図13(b)のような長短の直列パルスに変換されて送られる。なお、信号伝送回線が50ボア回線なので長パルスを50ms、短パルスを20msとし、210msのスペースで1周期のスタートとストップを定める同期信号を得ている。

受量装置では信号伝送装置で伝送される長短パルスの直列符号を符号判別回路で判別し、長パルスの時ゲート回路に出力を与える。一方、入力信号によってトリガされる走査回路でゲート回路を走査すると判別回路の出力があるとき(1符号のとき)AND条件が成立して、ゲートを開き一次メモリに記憶する。

ここで送受量装置の走査回路は互いに同期しているので、一次メモリには送量側と同じ並列符号が組み立てられる。つぎにこの一次メモリに記憶された信号が2 out of 5を満足した正符号か

表4 デジタルテレメータ一覧表

	場所	台数	距離	測定範囲	方式	備考
水位	長柄	1	100 m	0~9.99 m	直接式	
	大川	1	300 m	0~5.00 m	直接式	
開度	一津屋	3	10 km	0~9.99 m	搬送式	サイクリック方式
	一津屋	6		0~3.00 m		
	毛馬洗ぜぎ下	10	50~100 m	0~1.80 m	直接式	

表5 50ポジション形遠方制御装置パルスコード一覧表

群 No.	群選択パルス	チェックパルス	個別 No.	個別選択パルス	チェックパルス
1	1	5	1	1	10
2	2	4	2	2	9
3	3	3	3	3	8
4	4	2	4	4	7
5	5	1	5	5	6
			6	6	5
			7	7	4
入	3	2 (3)	8	8	3
切	5	4 (5)	9	9	2
平常		6 (7)	10	10	1

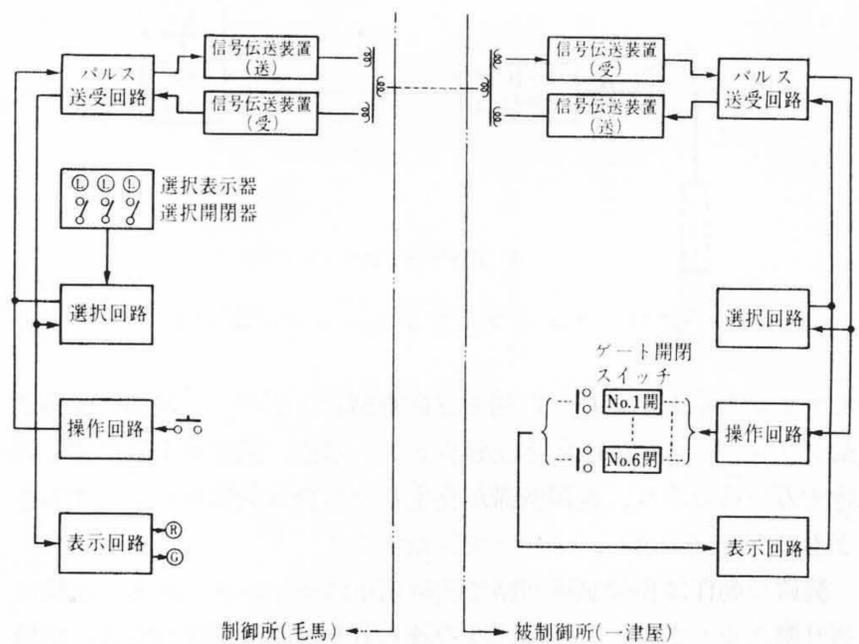


図14 遠方制御装置ブロック図

どうかをチェックし、さらに局番を読み取って局ごとに設けられた二次メモリに移し替える。

二次メモリの出力はデジタル表示するとともにD/A変換回路でアナログ量に変換され、局番1より3の水位は打点記録計で記録され、局番4より9のゲート開度はメータで指示される。D/A変換誤差はメータを含め1.5%以下である。表4はデジタルテレメータの一覧表である。

4.2 遠方監視制御装置

一津屋樋門を制御している日立パルスコード形遠方監視制御装置<sup>(2)</sup>には自動制御装置と同様ワイヤスプリングリレーを使用し、信号伝送装置の送受各1チャンネルにより多数の機器を自由に監視操作できるもので、機器の選択、操作、表示はすべてパルスコードによって行なわれる。

パルスコードの数は選択と返信のためのパルス数の和を一定としこれにより正確に機器の選択を行なうものである。表5は今回使用した50ポジション形のパルスコード表を示したものである。図14は本装置のブロックダイヤグラムで、制御所被制御所とも選択、操作、表示の各回路とパルス送受、パルス算出回路からなっている。

表6 一津屋樋門遠方制御装置選択項目一覧表

X	Y	種 別	操 作			表 示		警 報
1	1	表樋門 No. 1	開	停止	閉	R (開中)	G (閉中)	
	2	表樋門 No. 2	開	停止	閉	R (開中)	G (閉中)	
	3	表樋門 No. 3	開	停止	閉	R (開中)	G (閉中)	
	4	裏樋門 No. 1	開	停止	閉	R (開中)	G (閉中)	
	5	裏樋門 No. 2	開	停止	閉	R (開中)	G (閉中)	
	6	裏樋門 No. 3	開	停止	閉	R (開中)	G (閉中)	
	7	遠方直接切替				遠方	直接	
	8	予 備						
	9	予 備						
	10	予 備						
2	1	試 験	試 験			試 験		
	2	表樋門 No. 1 故 障				表 故 1 障		ベル警報 ランプ点滅
	3	表樋門 No. 2 故 障				表 故 2 障		ベル警報 ランプ点滅
	4	表樋門 No. 3 故 障				表 故 3 障		ベル警報 ランプ点滅
	5	裏樋門 No. 1 故 障				裏 故 1 障		ベル警報 ランプ点滅
	6	裏樋門 No. 2 故 障				裏 故 2 障		ベル警報 ランプ点滅
	7	裏樋門 No. 3 故 障				裏 故 3 障		ベル警報 ランプ点滅
	8	制水扉電源表示				W		
	9	調節扉電源表示				W		
	10	放送機電源	入	切		R	G	

本装置は操作前にまず機器を選択し所望の操作回路を構成させてから操作するもので、選択制御のための所要時間は約2秒である。またゲートの制御はスイッチの入切と異なり開、閉、停止の3位制御となるので、これに合致するよう設計されている。

表6は選択項目一覧表である。

### 5. 結 言

以上毛馬洗ぜき管理施設の自動放流制御、集中監視制御装置について述べた。

流量の制御は手動では困難であるが、これを自動化するにあたり複雑な流量の計算に汎用のコンピュータを使用するのは立地条件や保守上好ましくない。本装置はあらかじめコンピュータで計算した結果を機械に記憶させることにより装置を簡略化し、汎用のコンピュータに比べ信頼度も高く保守も容易にすることができた。

水資源開発公団では本装置の効果に着目され、東京都の上水道と隅田川の浄化のために朝霞導水路に同様施設を計画、発注され、40年5月納入した。

河川の管理は今や災害防止にとどまらず、工業の発展や生活の向上に欠くことのできない資源として高度の開発が望まれているとき、本装置の果たす役割は大きく、今後ますます各河川への適用が増大するものと思う。

### 参 考 文 献

- (1) 本間, 石原: 応用水理学
- (2) 竹原ほか: 日立評論 45, 1960 (昭 38-12)

## 第 28 卷 目 次 第 4 号

- ・ただいまパトロール中! ——新潟火力発電所にて——
- ・夢はふくらむレーザー通信
- ・待ち望まれていた小形システム HITAC 8100
- ・電子レンジは“夢のコックさん”
- ・ブーム近づく——カラーテレビ1問1答——
- ・化学工業用直流電源の進歩
- ・効果的な大グループ教育設備——電気通信大学のテレビ・インターホン方式見学記——
- ・随筆 わが家のひとこま……白井喬二

- ・成果のかけに きびしい条件を克服して——日立カラーブラウン管——
- ・話のロビーにわ・庭・日本の庭
- ・トピック 漏水を追って——漏水発見器活躍中——
- ・ハイライト 美容セット・電気カミソリ
- ・サイエンス ジョッキー 騒音
- ・ニ ュー

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸の内1丁目4番地  
振替口座東京 71824番  
取次店 株式会社 オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地  
振替口座東京 20018番