

II-70 利根大堰のオンラインリアルタイムコントロール

水資源開発公団 利根導水総合管理所 正会員 和田浩伸

1 概要

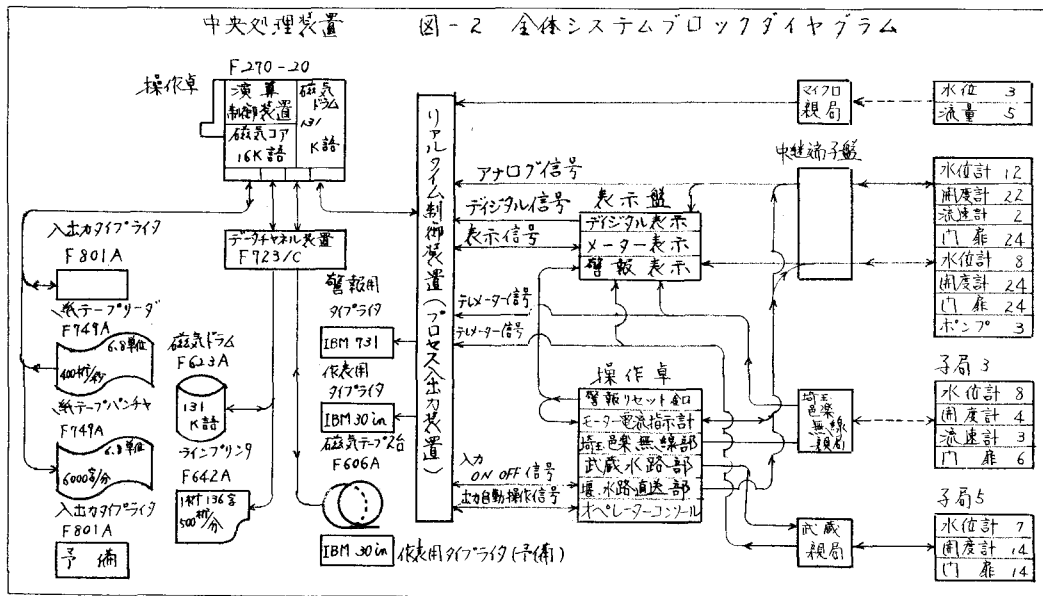
根根導水路は、都市上工用水、農業用水、淨化用水合わせて 137.0 嚢を取水しそれぞれ用途需要に応じ適正な配分を行う目的で建設されたものであり、大別して「堰もく水路」で構成されている。施設の肉設は表-1 の通りである。

表-1 利根導水路施設概要表

施設名	延長	構造	用途	通水量	施設				
					水位計	流量計	電動ゲート	ポンプ	分水施設
利根大堰	6.9 ^m	可動堰	取水用	計画流量 1400 cfs 取水量 136.76	8 基	— 基	44 門	3 台	— 所
武蔵水路	14.5 km	南水路	東京 埼玉 埼玉用水 東京用水	通水量 50.0	9	—	25	3	—
埼玉用水路	16.676	"	埼玉 東京 農業用水	" 36.87	5	17	4	—	31
品葉用水路	16.574	"	群馬 埼玉 農業用水	" 7.37	10	20	8	—	24
奥谷用水路	4.40	"	埼玉 東京 農業用水	" 44.63	2	—	1	1	—
計	40.9 km	区域	約 29,000 ha	138.87	34	37	82	8	55

2 ハードウェア構成

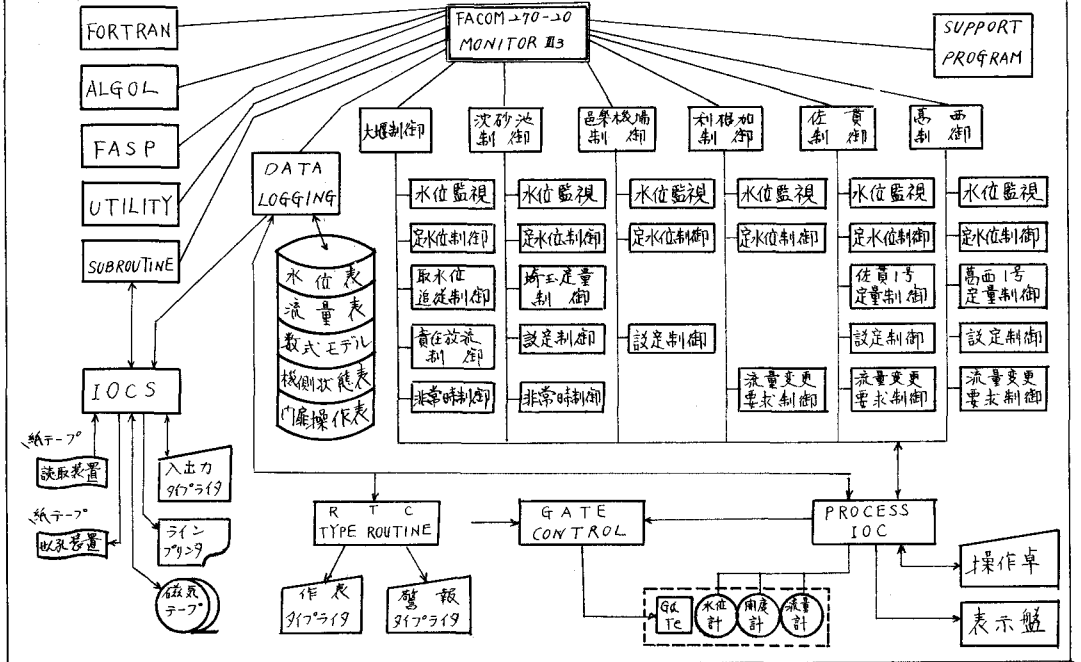
自動制御機構としては、工期、維持費、内容修正の容易さ、オフライン並行計算可能等の利点から電算機中心とするオンライン方式とし、FACOM 270-20 を中心に図-2 の様に配置した。



3 ソフトウェア構成

MONITOR III₃ 管理のもとに、制御プログラムが約20、これと助けるサポートプログラム、データロギング用、翻訳用等、約100個のプログラムで構成されている。制御プログラムは図-3の様に、ロギング用とコントロール用、計7グループに分離独立させてあるが、関連する場合は、必要箇所インタラプトかけることにより、相互有機的に連結される仕組みとなっている。

図-3 利根専水路制御施設ソフトウェア構成概略図

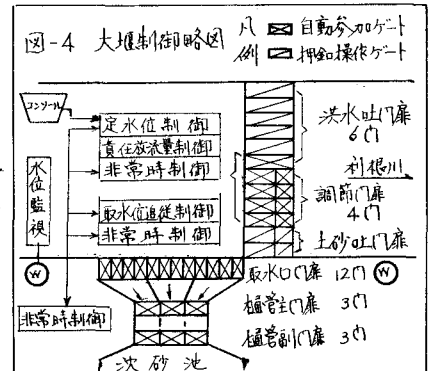


4. 利根大堰制御仕様

- ① 定水位を付すること…取水を安定させる目的で 堰上水位を最高値 T.P 22.40 以下任意水位で、定水位制御をする。水位不感帯は±2cm以上任意可変、利根自流 1000 号前後まで制御可能のこと。
- ② 故障門扉があっても制御停止しないこと…他のゲートがこれを代行するシステムであること。
- ③ 使用門扉操作順位は任意可変のこと…下流洗堀を避けなければならない。
- ④ 調節上下扉は同時に流下させない方式で 制御がスムーズに移行せねばならない。
- ⑤ 冬期季節風による水位急上昇に対し 自流増ではないとの判断ルーチンを設けること。
- ⑥ 下流責任放流量を確保し、他制御グループにこれに対応するためのインタラプトを掛けること。
- ⑦ 河床低下又は上昇等の至年変化に弾力的に対応出来るプログラムであること。
- ⑧ 洪水時に堤内の安全確保をするための制御を組入れること。

5. 大堰制御プログラム構成

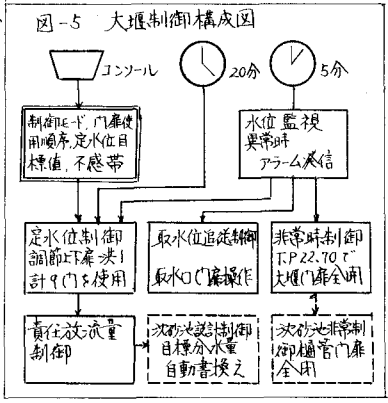
調節上扉 4 門、調節下扉 4 門、洪水吐門扉 1 門を使用して 取水安定のための定水位制御と 目標水位 水位不感帯 門扉操作順位任意可変の条件のもとに行うと同時に、下流責任放流量を確保する制御、定水位の乱れに対し取水口門扉を連動させる 水位追従制御、水位異常上昇に対し植管門扉を起動させ堤内の安全を確保し、大堰門扉を全開にして洪水の疎通を万全とする非常時制御も含んでいる。



自動制御化の計画は大部分紙上での考察に基づく（勿論水理実験過去のデータを参考にした）ものであるため、種々の係数、使用範囲等はプログラム構成に関係なしに変更可能な形態とした。1つのプログラムは必ず共通のシーケンスを通過して起動される様にしている。又必ずプログラムスタートから起動される。そのあとその都度シーケンスをチェックして必要なプログラムを起動させる。大堰の場合は全体の動作も0~9迄の10個のシーケンスに大別している。その内容概略は表-2のとおりである。

表-2 大堰制御シーケンス説明表

SQN No	NEXT SQN No	内 容	SQN No	NEXT SQN No	内 容	SQN No	NEXT SQN No	内 容
0	4	シーケンスコントロール	4	8	放流量変量リ所要用度計算	8	9	調節下扉操作時の全扉全閉指令
1	2	水位変動量リ制御量計算	5	5	門扉動作完了チェック	9	9	指令した門扉のエラーチェック
2	4	首任放流量と照合し放流量と計算	6	5	調節上扉操作指令			
3	5	調節下扉操作指令	7	7	水位チェック調節下扉操作準備			



6 大堰制御における各種障害に対する処理方法

水位計検出不能、門扉動作不能等の障害発生に対しては 表-3の様に処理を行う。

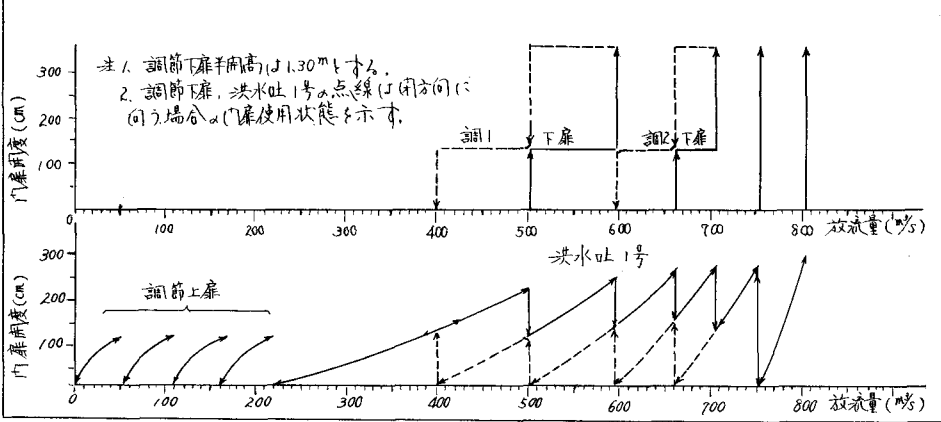
表-3 障害処理一覧表

原 因	処 理
堰上流水位計故障	現状維持とし制御中断する。
堰下流水位計故障	前回読み込みの下流水位を使用。
調節上扉用度計・門扉故障	該当門扉を制御対象から除外する。
調節下扉用度計・門扉故障	該当門扉を制御対象から除外する。
洪水吐1号用度計・門扉故障	制御対象から除外し放流量調節は調節上扉、下扉用度1.30m以上で行う。
取水口用度計・門扉故障	取水位置追従は操作可能な門扉で行う。

7 利根大堰の放流方式

調節門扉と上下扉同時に流下させる方式が禁止されているので、この間と洪水吐1号門扉がつかないを原則としている。図-6は全門扉が正常に作動した場合に下流放流量を増加して行く課程を示したものであるが、調節上扉全開後は放流量に下流河床高は無関係でなくなるので河床低下現象が著しい昨今では制御範囲が広がり当初予想810㍻に対し、1600㍻程度まで定水位制御範囲となっている。

図-6 大堰門扉使用方法図



8 利根大堰の門扉流下量計算方式

流下状況は図-7の様に越流時2 case 潜流時3 caseが考えられる。入力データとして(1) 上流水位、下流水位、門扉開度の3量のみであるから その値によりそれぞれの case を判断し計算を行う。

8-1 越流門扉流下量計算方式

- ① case 1 $Q = C B H^{3/2}$ C : 係数(模型実験結果を使用)
- ② case 2 水理模型実験と比較検討し次式を用いる事とした。

$$\text{Vilemont 公式 } Q = Q \left\{ 1 - \left(\frac{h_1}{h_i} \right)^{1.45} \right\}^{0.385}$$

Q_i : 同じ水深 h_i で自由流下する時の越流時

8-2 潜流式門扉流下量計算方式

- ① case 3 と case 4 の判定及 α 流量計算

水理模型実験を基礎として、基本的には Henry 公式を修正して次式を得た。

$$\alpha = \frac{H_2}{C_c \cdot A} \quad \beta = \frac{H_1}{H_2} \quad \gamma = \alpha^2 - \left(\frac{H_2}{H_1} \right)^2$$

$$X' = \frac{-20.0}{(2.5 - \beta)^2} \cdot \left(\frac{H_2}{A} - \frac{\beta + 2.0}{2.0} \right)^2 + 5.0 \quad \frac{\beta + 2.1}{2.0} \leq 2.2 \text{ 且 } \frac{H_2}{A} \leq 2.3 \text{ の場合}$$

$$X' = 0.0 \quad \frac{\beta + 2.1}{2.0} \leq 2.2 \text{ 且 } \frac{H_2}{A} > 2.3 \text{ の場合}$$

$$X' = -40.0 \quad \frac{\beta + 2.1}{2.0} > 2.2 \text{ の場合}$$

$$X = \left\{ \gamma \cdot \beta - 2(\alpha - 1) \right\}^2 - \gamma^2 (\beta^2 - 1) + X'$$

この X が $X \leq 0.0$ の場合は自由流出 即ち case 3

$X > 0.0$ の場合はもぐり流出即ち case 4

又 C_c は模型実験結果より次式を使用することとした。

$$C_c = \left\{ \left\{ 0.011 X \left(\frac{H_1}{A} \right)^2 + 0.139 X \left(\frac{H_1}{A} \right) \right\} / 140.0 + 0.5797 \right\}$$

- ・ case 3 の流量計算方式

$$C_c = \frac{C_c}{\sqrt{1.0 + C_c(A/H_1)}} \quad Q = C_c \cdot A \cdot B \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_1}$$

- ・ case 4 の流量計算方式

$$C_c = \frac{C_c \cdot \alpha \cdot \sqrt{1 - (\gamma \beta)} \cdot \sqrt{1 + \beta}}{\sqrt{\gamma \beta - 2(\alpha - 1) + X}} \quad Q = C_c \cdot A \cdot B \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_1}$$

- ② case 4 と case 5 の判定及 case 5 の流量計算

水理模型実験データを基礎として検討した結果、 $0.52 H_1 > H_2$ の

範囲で case 4 の計算結果と D. Aubisson 式(橋脚による水面低水量)の逆算式による流量の比較を行い(これが case 5 の流量計算である) case 4 の $Q >$ case 5 の Q の時点を全開と判断することとした。

case 5 の流量計算式 $Q_D = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot (H_1 - H_0)}{C \cdot H_0 \cdot B^2 - \frac{1}{S^2}}}$ C : ヒール形状による係数 0.92

但し $H_0 = H_2 \cdots \cdots 0.52 H_1 \leq H_2$ の場合 $H_0 = 0.52 H_1 \cdots \cdots 0.52 H_1 > H_2$ の場合

9. まとめ

利根大堰のオンラインコントロールも2年目に入り目下精度向上のための修正を行いつつあり、完成目前である。(1)初期の目的は達せられつつあるが、計算機本体に比較して端末の検出装置又は取出し機構に立遅れのものがあり、充分機能を發揮出来ない面があり、今後の課題となる。

図-7 門扉流下状況説明図

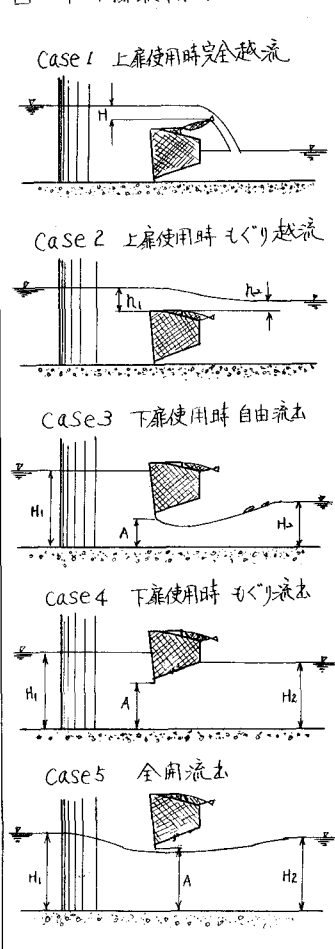


図-8 D. Aubisson 公式説明図

