

ダム自動制御システム

Dam Gate Automatic Control System

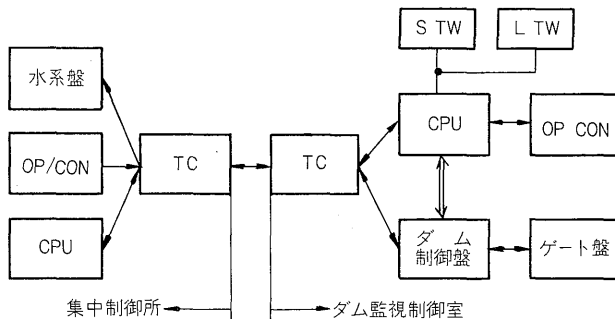
藤田紀久男* Kikuo Fujita · 小林直人* Naoto Kobayashi · 西 隆夫* Takao Nishi

今井富雄* Tomio Imai · 西山和男* Kazuo Nishiyama · 安岡孝二** Kohji Yasuoka

I. まえがき

従来、ダムの管理・運用は、人間の判断と操作により行われることが多かった。これに対し、降雨による河川への出水及びダムへの流入量の変化の予測に基づき、予防または事前処理により、異常時対応の向上や制御精度の向上を目的としたダム自動制御装置が開発されている。

このダム自動制御装置に制御用計算機を適用し、上記目的のほかに操作記録、日報等の記録業務のじん速化な



第1図 遠隔監視制御のあるダム自動制御装置例

Fig. 1. Example of automatic dam control equipment in supervisory control

ど、信頼性向上、省力化を目的としたシステムについて、以降の納入例をもとに述べる（第1図参照）。

特にダムの自動制御は、ダムゲート操作という河川管理上から極めて重要な業務が要求され、万一にもダムに起因する災害の発生は許されない。このため、ダムゲートの動作目標値への的確な追従、安全な動作、誤動作に対する保護などに特に考慮を払う必要がある。

納入したダム自動制御システムは、ダム自動処理装置を中心としたシステムで、ダムの管理・運用を高信頼度かつ合理的に行う。このシステムは、洪水調整ゲート及び発電・農工用水などの利水ゲートを持つダムに適用され、装置はダム管理所に設置されている。

本ダム制御装置の主な運用機能は、

- 1) ダム流入量、ダム水位、ダム雨量、上流各地点河川水位の監視
- 2) 発電出力変更に伴う取水ロゲートの制御
- 3) ダムゲート無効放流制御及び制御案内
- 4) 初放流に伴う関係箇所への通知・通報業務
- 5) 放流、警報サイレンの始動、確認

第1表 ダム制御装置納入例

Table 1. Example of automatic dam control equipment

項目	納入先	東北電力・蓬萊ダム	東北電力・信夫ダム	関西電力・殿山ダム	東北電力・蕨神ダム	
納入年月(昭和)		51-9	52-9	53-3	53-4	
対象ダム	河川	阿武隈川水系	同左	日置川	信濃川水系	
	集水面積(km ²)	2,756	2,880	294	373	
	湛水面積(km ²)	0.52	0.25	1.37	0.21	
	有効貯水量(km ³)	1,406	1,200	1,375	1,857	
	ゲート門数	制水門	7	4	クレスト: 6, コンジット: 6	6
		排砂門	1	2	—	—
		取水門	5	1	1	4
最大使用水量(m ³ /s)	58	58	26	30		
ダム監視室・自動制御装置	適用計算機	U-200	U-200	U-200	U-200	
	コア容量(kw)	16	20	20	24	
	補助記憶(kw)	64	128	64	128	
	システムTW	F 805 A	F 811 A	F 811 A	F 811 A	
	ロギングTW	F 795 A	F 795 A	F 881 A	F 881 A	
	P T R	—	—	F 749 G	—	
	(遠隔TW)	—	—	—	F 1520, 2台	
	記録業務	○	○	○	○	
制御案内業務	—	—	○	—		
自動制御業務	○	○	—	○		

* 富士ファコム制御 ** 東京工場 品質保証部

6) ダム関係機器の監視などである。

II. 納入例

現在までに納入した関西電力の殿山ダム及び東北電力の蓬萊・信夫・藪神ダムについて、その納入例、機器構成を第1表に、処理業務内容を第2表に示す。

第2表 ダム自動化システム・ソフトウェア機能一覧
Table 2. Supply list of automatic dam control system and software system

内 容	蓬萊ダム		信夫ダム		殿山ダム		藪神ダム	
	ダム	C/C	ダム	C/C	ダム	C/C	ダム	C/C
制 御								
定 水 位 制 御	◎	○	◎	○	-	-	◎	○
指 令 放 流 量 制 御	◎	○	◎	○	-	-	◎	○
定 放 流 量 制 御	×	×	×	×	-	-	◎	○
制御モード及びゲート開度案内	-	-	-	-	◎	-	-	-
監 視								
「別 図 第 2」	◎	○	◎	○	(◎)	-	◎	○
「セ イ シ ュ」	◎	○	◎	○	(◎)	-	◎	○
ダム水位異常変化	◎	○	◎	○	(◎)	-	◎	○
雨量警報	×	◎	×	◎	◎	-	◎	○
河川水位異常警報	×	○	×	○	-	-	◎	○
定水位時の追従不能	◎	○	◎	○	×	-	◎	○
自動ロック	◎	○	◎	○	×	-	◎	○
水位、流入量上下限監視	-	-	-	-	◎	-	-	-
記 録								
ダム操作記録「C表」	◎	○	◎	○	(◎)	-	◎	○
「B, B'表」	×	◎	×	◎	(◎)	-	◎	○
故障記録	◎	◎	◎	◎	◎	-	◎	○
河川雨量記録	×	◎	×	◎	◎	-	◎	○
そ の 他								
ダム運用計画	×	×	×	×	×	-	◎	○
出水予測	◎	◎	×	×	◎	-	◎	○
シミュレーション	×	×	◎	×	×	-	×	×
DEBUG用模擬ゲート	○	×	○	×	×	-	○	×

注) ×：処理なし
○：計算機以外での処理，すなわちテレコンによる制御・監視または遠隔TWによる印字
◎：ダムまたはC/C(制御所)の計算機による処理

この第2表中、

- (1) 蓬萊ダム、信夫ダムは制御所側に計算機があり、業務の分担が一部行われている(第1図参照)。
- (2) 藪神ダムは制御所側に計算機はなく、記録関係は遠隔TWにより行う。
- (3) 殿山ダムは現在のところダム側だけのシステムである。また制御に関しては、実制御は行わず、制御案内及び記録業務を中心に行う。

III. ダム自動処理装置機能

各ダムに納入したダム自動処理装置で実施している制御の内容、及び機能について述べる。

1. ダムゲート制御

第2図に示すように、流量制御または定水位制御によって得られた指令開度に対し、現在開度を読み込み、差があれば開または閉の指令を出力する。計算機は、ゲート動作速度に見合った周期で現在開度を読み、一致すれば停止指令を出力し、所定の開度へのセッティングを行う。

実際の制御方法としては、

- (1) 複数ゲートに対し同時要求のある場合は、ゲート操作優先順位に従って、①1門ずつ制御を行う場合と、②同時に複数門まで制御を行う場合とがある。
- (2) 動作中のゲートに故障が発生した場合の復旧処理については、①故障ゲートをロックし、不足開度を次の優先ゲートにふりあてる方法と、②すべてのゲート制御をいったん中止し、指令開度に対し再度ゲート配分計算を行い、ゲート操作指令を出す方式とがあり、ダムによりいずれかの方式を採用している。

2. ゲート開度配分計算

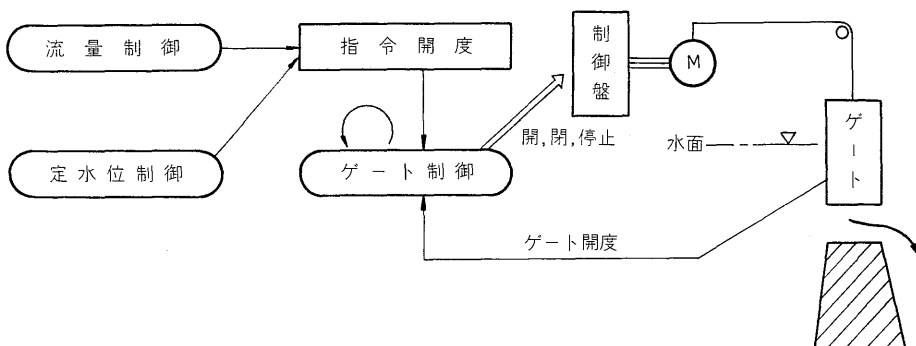
与えられた指令流量に対し、現在の水位、開度を読み込み、現在の放流量を計算する。差があれば、ゲート操作優先順位、各ゲートの故障情報、ロック情報及び50cm単位のフラット制御(50cm単位に各ゲート開度をそろえ開、または閉を行う)により、各ゲートの指令開度を計算する。

3. 指令放流量制御

制御所またはダム側での操作によって指令された放流量に対し、放流許容限度のチェックを行った後、ゲート開度配分計算を行う。その後、指令開度を得てダムゲートを制御する。

4. 定放流量制御

制御所またはダム側での操作により指令された流量と現在の放流量とを比較する。その差が放流許容限度内であれば、あるサンプリング周期(例えば10分ごと)でもって放流許容限度量の増減による蓄積を行って指令流量に到達するように制御を行う。



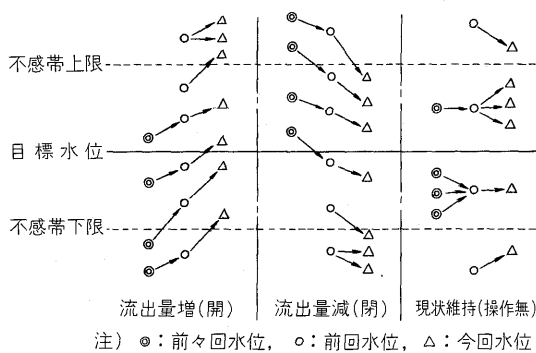
第2図 ダムゲート制御ブロック図
Fig. 2. Block diagram of dam gate control

次に指令流量に到着した後は、水位の変化による流量の変化に対応させ、常に一定流量が流れるよう制御を行う。

5. 定水位制御

操作員が設定した指令水位に対する目標水位を求め、指令以降、水位をサンプリングする。その結果、第3図に示すように今回水位が不感帯上下限範囲内では3点の変化により、また今回水位が不感帯上下限範囲外であれば2点の変化により開閉、操作無の判別を行うものである。そして、開閉要求有の場合には、現在放流量に対する「別図第2」(放流変化限度内)以内の流量の増減で、水位の安定を図るものである。

また、水位が目標水位に対して指定幅以上に離れた時は、追従不能の警報を出力する。ただし、定水位制御は続行したままである。



第3図 定水位制御動作モード

Fig. 3. Operation mode of the fixed water level control

第3表 定水位制御における各ダムの特徴比較

Table 3. Characteristics comparison of fixed water level control for dam

比較内容	蓬萊ダム	信夫ダム	藪神ダム
サンプリング時間	10分	5分	10分
追従不能指定幅	30cm	30cm	30cm
増減量	(注1)	同左	「別図第2」×0.8
目標水位	(注2)	(注3)	設定水位と同じ

(注1) 蓬萊ダム、信夫ダムにおける増減量の算出方法

現在放流量に対する、「別図第2」の量を2段階に設け、ダム流入速度により切り換えて使用する。

(注2) 蓬萊ダム目標水位の算出方法

指令水位と指令時の実水位との差が2cm以内であれば、「目標水位=指令水位」とし、定水位となり、その差が2cm以上であれば目標水位を指定のカーブに従って計算する。この場合、予備低下(実水位>指令水位)または貯溜(定水位<指令水位)となる。

(注3) 信夫ダム目標水位の算出方法

指令時に初放流でなければ「目標水位=設定水位」であるが、初放流の場合は最初は「目標水位=設定水位」で、3時間以内に水位が上昇する度、20cm幅単位で目標水位も上昇させ大幅な操作がないようにする。

次に定水位制御を行っている3ダムについて定水位制御の特徴比較を第3表に示す。

6. 初放流量制御

初放流とはゲート放流を開始することであり、この場合はダム下流では無水区間が生じていることがある。したがって、ゲート放流前には必ずダム下流に対してサイレン等による警報を行った後放流しなければ人身事故に及ぶ危険がある。

以上のことは、計算機によるダム自動制御を行うに当たっては十分注意しなければならない事項である。

初放流に対する運用は次の(1)、(2)項があり、ダムによりいずれかが実施されている。

- (1) 操作員によるダム下流警報を行った後に、流量制御、定水位制御の指令を行う。ただし、定水位制御において通常は水位の変化により開閉操作を行っているが初放流時は必ず全閉時の「別図第2」に相当する量を流している。
- (2) 通常の操作と同じく流量制御、定水位制御の指令を行う。この場合、プログラムにより初放流か否かを検出し、初放流の場合はダム下流警報の出力を行い、その吹鳴を確認した後にゲートの操作を行う。

7. 監視機能

次の項目の監視を行っている。

1) 「別図第2」

現在放流量に対する許容変化放流量で、ダム下流の水位の急激な変動を防ぐものである。指令流量制御時または後述する「C表」(ダム操作記録)計算時にその監視を行いオーバーした時に警報出力を行う。

2) 「セイシュ」

10分間のダム水位の変化を監視するもので、指定幅以上の変化があれば警報出力を行う。

3) ダム水位異常変化

1分間のダム水位の変化を監視するもので、指定幅以上の変化があれば警報出力を行う。

4) 雨量警報

1時間当たりの雨量及び3時間当たりの雨量が限量を超えた場合に警報出力を行う。

5) 河川水位

10分ごとに河川水位を調べ、一定水位よりオーバーした時に警報出力を行う。

6) 定水位制御時の追従不能

定水位制御実施中に、水位が目標より30cm以上離れた時に警報出力を行う。

7) 自動ロック

ダム水位計(常用、予備)が異常の場合または「セイシュ」、ダム水位異常変化が発生した場合はダムの自動制御はロックされる。すなわち指令流量、定放流量、定水位

などの制御は一時中断される。

8. ダム側システムにおける記録業務

ダム側では次の記録業務を行う。

1) ダム操作記録(「C表」)

ダムゲート操作後または定時刻(正時または正30分)に時・分、水位、各ゲート開度、各ゲート放流量、流出量、流入量、貯留量、取水量等の記録印字を行う。

2) ダム操作記録(「B, B'表」)

定時刻に時・分、水位、流出量、流入量等の瞬時値(「B表」) 平均値(「B'表」)の記録印字を行う。

3) 故障記録

ダム関係機器の故障発生時、復帰時及び各種装置運用切替時に時・分、項目及び発生、復帰、切替方向のうちの一つを示す印字を行う。

4) 河川・雨量記録

定時刻(毎正時)にダム上流各河川の水位及びその流量、また当該ダム流域に関する各雨量計測地点の時間雨量の記録印字を行う。

9. 操作案内

殿山ダムでは計算機からのゲート自動操作は行わず、目標放流量・開度の表示及び放流モードの表示を行い、操作案内表示を行う。

1) 放流モードの選定

放流増加・減少・一定の各パターン、及び予備低下時放流増加・減少・一定の各パターンを机から選択する。それにより、流入量、流入量変化率、全放流量、10分間流入量変化率などから放流すべきモードを下記(1)~(4)より選定し、表示を行う。

(1) 「別図第2」放流

(2) 「12条ただし書」放流

(3) 自流放流

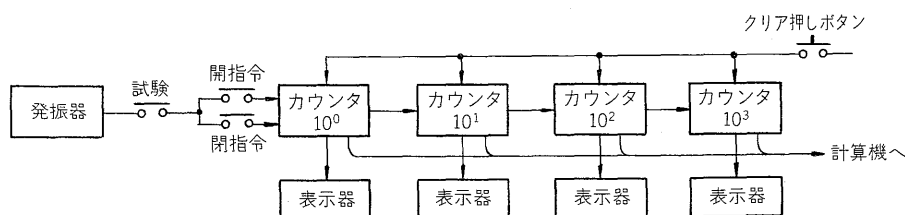
(4) 一定放流

2) 目標放流量、目標開度の表示

上記(1)~(4)の各モードを机から選択することにより、放流すべき目標放流量、目標開度を算出し、机への数値表示を行う。

10. DEBUG 用模擬ゲート

当模擬ゲートはダム制御盤内に設置され、実際のゲー



第4図 模擬ゲートブロック図
Fig. 4. Block diagram of simulation gate

ト開閉動作に合わせた発振器からパルスを出力させ、試験モードにすることにより計算機からの自動出力の試験を行う(第4図参照)。

発振器から出力されるパルスは実際のゲート動作速度に合わせる。例えば、ゲート速度が30cm/60秒であれば、30パルス/60秒のように出力される。また、試験モードにすることにより計算機からのゲート自動出力は、実ゲートへの出力がロックされ、模擬ゲートへのみ出力される。

以上、計算機からの開閉指令に基づき模擬ゲートが動作し、その結果が計算機へフィードバックされ、また表示され、自動開閉指令に対する試験が行われる。

11. ダム運用計画

藪神ダムでは第5図に示すように、シリーズダム構成となっている。そして、上流発電所の容量が大きいため、上流発電所の運用状況の影響が顕著にあらわれ、ゲート操作頻度が非常に多くなっている。したがって、上流発電所の発電運用を前もって知ることににより、当ダムのゲート操作に対するガイダンスを行っている。

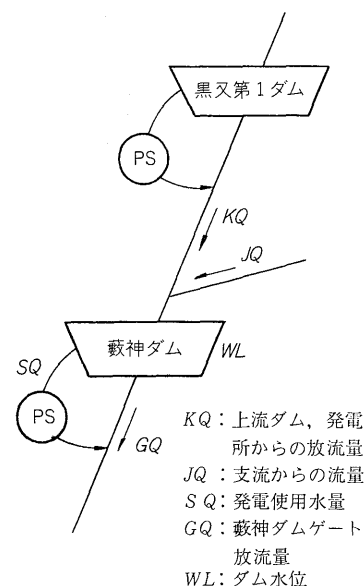
本機能の入力データとしては、上流発電所発電パターン、自流(JQ)、初期水位(WL₁)、最終水位(WL₂)がある。これらのデータを指定の手順を経て入力し、運用計画の計算を行う。そして、取水ゲート全開・全閉時刻及び定放流開始・停止時刻、定放流量、ベース放流量を求め、それに対する水位の変化を印字する。

12. 出水予測

出水予測として、次の3とおりの方法を適用している。

1) 累計雨量のウェイト配分(殿山ダム)

上流各地点の2.5~1.5時間前の各30分累計雨量をウェイト配分し、2時間後のダム流入量予想を行う。



第5図 ダム配置例
Fig. 5. Layout of dam

設定する。また、(2)は各時間雨量を設定し、タンクモデル法により流入量を算出する。

IV. あとがき

以上、ダム自動制御システムへ制御用計算機を適用した例を、システム構成上基本概念に相違はあるが、東北電力と関西電力の各ダムについて概説した。

特にダム制御は制御条件が自然現象であることから、条件は厳しい。しかし、予測精度の向上、システム装置の信頼性向上、安全対策等により、今後はダム運用のより一層の高度化、省力化が期待できる。

最後に本システム製作・運用の上で特に御指導頂いた東北電力殿及び関西電力殿その他関係各位に対し深く感謝の意を表する次第である。

最近公告になった富士出願

〔特 許〕

公告番号	名 称	発 明 者	公告番号	名 称	発 明 者
特公昭53-14688	水車の制御方法	上田 庸夫 宗宮 誠一	特公昭53-19436	一酸化窒素濃度測定装置	鋤柄 邦男
特公昭53-14863	汚泥凍結融解装置	寺田 武 佐藤 哲朗 山岡 一博	特公昭53-19437	一酸化窒素濃度測定装置	渡辺 敦夫
			特公昭53-19830	電動式パワーチャック	山野 健治 永島 尚
特公昭53-15214	石油パイプラインにおけるギャザリングラインのオイルハンマ防止方法	新倉 祥之 石田 紘三	特公昭53-20344	増幅度可変型増幅器	三次 正宏
			特公昭53-20653	故障判定方式	竹村 健
特公昭53-17137	ガイドベーンサーボモータの鎖錠装置	宗宮 誠一	特公昭53-21517	電圧非直線磁器の製造方法	永沢 郁郎 向江 和郎
特公昭53-17726	無整流子電動機の制御方式	沢 邦彦	特公昭53-21993	ツェナダイオード	吉田 満
特公昭53-19007	酸化亜鉛系磁器の表面処理法	永沢 郁郎 向江 和郎	特公昭53-22631	原子炉燃料の炉内中継装置	高橋憲二郎
特公昭53-19027	横形射出成形機等の金型段取装置	草島 雄二 庭野 順二	特公昭53-22660	直流変換装置	高井 明
特公昭53-19231	絶対圧力計	浅野 勇毅 安原 毅	特公昭53-22665	故障検出継電器	竹村 健
特公昭53-19429	軸振動測定装置	鷺沢 忍	特公昭53-22941	汚泥凍結融解処理方法	吉田 正孝 山岡 一博

〔実用新案〕

公告番号	名 称	考 案 者	公告番号	名 称	考 案 者
実公昭53-18096	機械類の移動及び定置用コンテナ	楳田 公雄	実公昭53-26038	暖房機	田中 経康
実公昭53-19935	油密封形変圧器の油量変化監視装置	高橋 晴美 小野 春雄	実公昭53-26188	過熱保護装置	中嶋 紀尊 新井 明夫
実公昭53-20628	電動シリンダ	山野 健治 安井 皓一 中原 雄三	実公昭53-27293	零相変流器	平松 祥孝
			実公昭53-27309	電磁装置用鉄心	稲積 宏典 西島 正隆 常田 正夫
実公昭53-20644	回転電機のスリップリング室	渡辺 広作	実公昭53-27694	油入機器用別置型放熱器の架台構造	布施 海夫
実公昭53-21676	調理用ジュース	高田 功 加賀 良博 丹羽 雅夫	実公昭53-27731	押しボタン開閉器	柳沢 昭政 徳永 貢二
			実公昭53-28118	放水弁	川島 正己
実公昭53-23939	ポット式石油ストーブの消火装置	松本 裕司			
実公昭53-25131	ブレーキモートルの手動緩め装置	栗野 信義			



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。