

## 農業用導水路水管理システム

古池正雄、相川義博

(株) 荏原製作所 情報・通信・制御事業本部

### 概要

今回紹介する農業用導水路水管理システムは、河川より取水し、複数のポンプ場や分水路等の施設から成るセミクローズドパイプラインを通じて、用水量及び用水パターンが異なる2つの需要地域ごとに独立した用水供給を行うもので、操作員が各分水路ごとに用水量を設定し、それに基づいて計算機が各施設の制御モード、制御目標値、運転台数等を演算して制御を行う供給主導型水管理システムである。

用水開始時、用水量変更時及び用水停止時において、各施設を自動連携制御することによって安定かつ迅速な用水供給を実現するとともに、施設や機器の異常時において関連施設の複雑な故障処理を自動的に行っている。

### キーワード

農業用水管理システム、供給主導型、計算機、自動制御、水位制御、流量制御、開度制御

## 1 はじめに

近年、農業水利施設の大規模化かつ高度化が図られるにともなってポンプ、バルブ、ゲート設備などの制御機器は複雑かつ高度なものとなり、特に複数の水利施設の集中管理については、施設の規模、制御方式などの条件により水管理システムの機能が高度化、複雑化してきている。

また、当然それに伴って運転管理に携わる操作員の負担は増大することになり、それらをいかに軽減するかは水管理システムを設計する上で重要なテーマである。

今回紹介するシステムにおいては、操作員の作業を基本的に各分水路の供給用水量を設定すること限定し、需要水量に基づいて決定される各施設ごとの制御パターン、制御目標値、制御タイミング等は計算機(EWS)で判断して各機器に対して自動的に指令を行うことにより、操作員の負担を最小限度に抑えている。

## 2 導水路施設の構成

図-1の導水路施設模式図に示すとおり、河川より取水し、3段揚水にて総延長約26kmのセミクローズドパイプラインを通じて計22ヶ所の分水路より用水供給を行うものである。

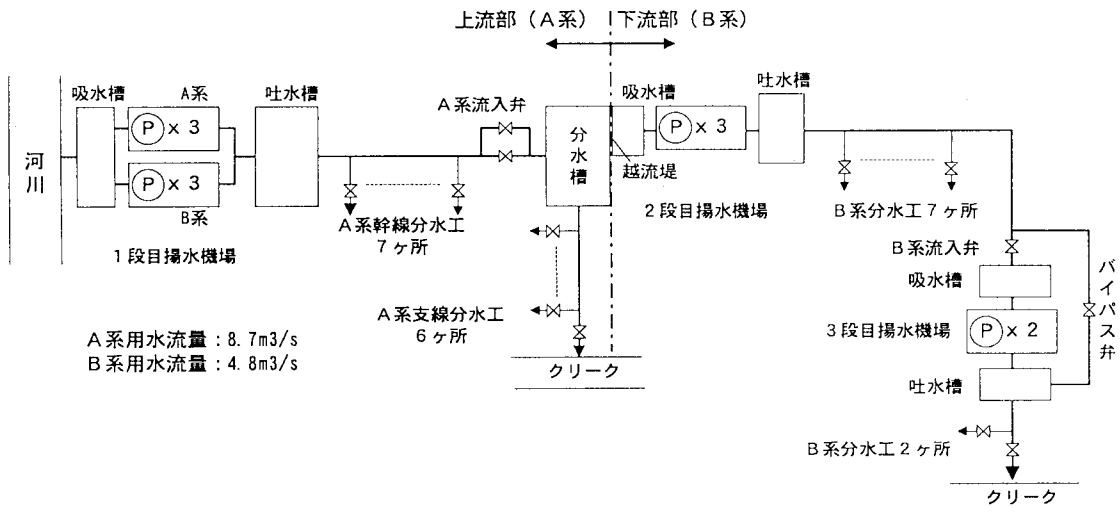


図-1 導水路施設模式図

導水路は、2段目揚水機場の吸水槽の越流堤を境として上流部 (A系) と下流部 (B系) に分かれており、1段目揚水機場に位置する中央管理所から系統ごとに独立した用水供給を行っている。本施設の特徴は、A系とB系で独立した用水供給でありながら、A系の吐水槽、導水路、流入井などの施設はB系と共有している点にある。

### 3 運用制御方式

#### 3.1 基本

中央管理所において操作員がA、B各系の分水工ごとに用水流量を設定する供給主導方式であり、設定流量に応じて計算機がポンプ、流入井、分水工等各施設の制御モード、制御目標値、運転台数、制御開始タイミング等を判断して自動連携制御を行うものである。1段目揚水機場にはA系用、B系用各3台の可変速ポンプが設置され、A系の用水はAポンプで、B系の用水はBポンプで揚水するよう流量配分制御を行う。

また流量管理面では、1段目揚水機場におけるポンプ揚水量及びA系の分水量に対しては厳密な流量管理を行い、その結果として越流堤から下流部に流入する用水をB系各分水工に供給するという方式であるため、B系はA系に比べて厳密な流量管理は要求されない。

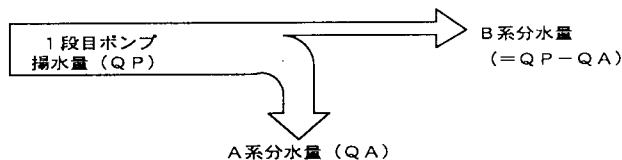


図-2 流量管理概念図

### 3. 2 各施設の運転制御方式

#### (1) 1 段目揚水機場

制御はA系、B系それぞれ独立しており、各系のポンプの運転台数と回転数は、必要揚水量と実要程をパラメータとしてポンプQ-H曲線から計算機が演算してポンプ制御装置に指令する。片系運用時は、運用する系のポンプの吐水槽水位一定制御を行う。また需要水量が回転数制御下限値（ミニマム流量）を下回る場合は、ポンプ1台で吐水槽水位によるON-OFF運転を行う。

運転パターンは、A、B両系の需要水量及び運用状態から8種類に分類され、ポンプは流量配分を実現するため表-1のような制御モードで運転される。

表-1 運転パターンとポンプ制御モード

	運転パターン		ポンプ制御モード		備考
	A系需要水量	B系需要水量	A系	B系	
1	QAPmin 以上	QBPmin 以上	回転数指令制御	回転数指令制御	運転台数、回転数を計算機で演算
2	QAPmin 以上	QBPmin 未満	流量一定制御	1台吐水位 ON-OFF	A系運転台数を計算機で演算 B系は100%回転数
3	QAPmin 未満	QBPmin 以上	1台吐水位 ON-OFF	流量一定制御	B系運転台数を計算機で演算 A系は100%回転数
4	QAPmin 未満	QBPmin 未満	1台吐水位 ON-OFF	1台吐水位 ON-OFF	運転台数、回転数を計算機で演算
5	QAPmin 以上	0	吐水位一定制御	休止	運転台数を計算機で演算
6	QAPmin 未満	0	1台吐水位 ON-OFF	休止	A系は100%回転数
7	0	QBPmin 以上	休止	吐水位一定制御	運転台数を計算機で演算
8	0	QBPmin 未満	休止	1台吐水位 ON-OFF	B系は100%回転数

QAPmin: A系ポンプミニマム流量 QBPmin: B系ポンプミニマム流量

#### (2) A系分水工

精度の高い流量制御が必要とされることから、中央管理所からの設定流量に基づく流量設定値制御を行う。制御は分水工ごとの現場マイナーループコントローラが実行する。

#### (3) A系流入弁

中央管理所からの設定流量に基づき、A、B両系運用時はA系支線設定用水量とB系設定用水量の合計値を目標値とする流量設定値制御を、A系のみ運用時は分水槽の水位一定制御を行う。制御は現場マイナーループコントローラが実行する。流量により主弁と副弁を自動で切り換えて使用している。

#### (4) 2 段目揚水機場

吸水槽に流入した用水をそのまま下流側に送水する機能を有し、吸水槽水位によるポンプの台数制御を行う。ポンプの運転台数は、中央管理所から指令される目標揚水量に基づいて現場コントローラで演算される。

#### (5) B系分水工

A系分水工のような流量精度は要求されないため、経済性の面から、流量設定より計算機で目標開度を演算して現場コントローラによる開度設定値制御を行っている。その方法としては、ヘーゼン・ウィリアムスの計算式等によって求めた損失からバルブ本体の損失係数を計算し、バルブの性能曲線から対応する開度を求める。

- (6) B系流入弁  
B系分土工に同じ。
- (7) バイパス弁  
B系分土工に同じ。但しバイパス弁運用の可否判断は計算機が行う。
- (8) 3段目揚水機場  
2段目揚水機場に同じ。

### 3. 3 自動連携制御

揚水開始時、設定変更時及び揚水停止時において、各水槽の過渡的な水位変動に注意を払いつつ各機器を個別に操作制御することは操作員にとってかなりの負担となる。本システムでは、操作員の作業は各分土工の用水流量を設定するのみであり、それぞれの機器に対する制御開始指令は、運転状況や水位状況から最適なタイミングを計算機にて判断して出力している。一例をあげれば、A系流入弁の設定流量を急激に増加させると、それ以降の分土工や揚水機場の制御開始タイミングの遅れにより分水槽が溢水する危険性があることから、中間設定流量にて過渡的な流量制御を行った後、最終設定値による制御に移行させている。

### 3. 4 異常処理

運転中に機器の故障が発生した場合、対応処置を誤ったり処置が遅れたりすると水位異常等の二次現象を引き起こし、その結果全体的な機能停止に陥る危険性が高い。本システムでは、異常ケースを約60種類のパターンに分類し、計算機でそれぞれのケースに応じた自動処理を行っている。これにより、操作員の負担を軽減すると共に、通水不能箇所を最小限に止めるよう考慮している。

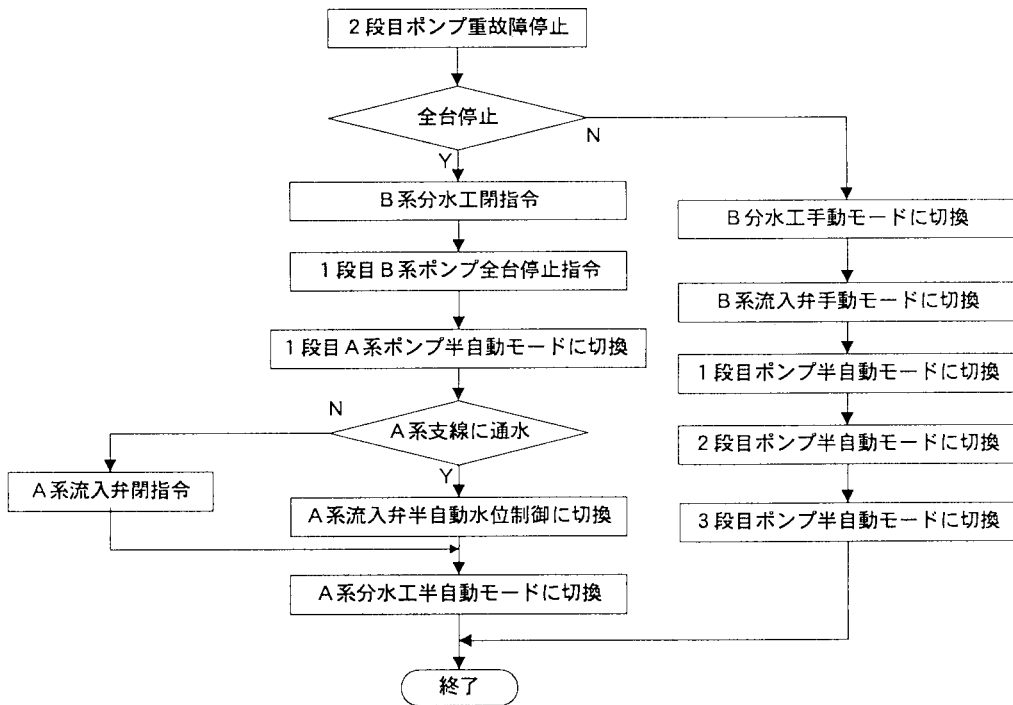


図-3 異常処理フローの一例

## 4 水管理システムの構成と機能

### 4.1 主要機器

#### (1) データ処理装置 (計算機)

3台のEWSを使用し、1台はA、B両系の統合連携制御用、また他の2台はA、B系それぞれの操作・表示端末処理用である。

#### (2) CRT

システムの操作・表示端末装置であり、A、B各系ごとに独立した機能を有する。

#### (3) PLC

データの前処理、ポンプ設備との信号の受け渡し、操作卓の操作・表示処理等の機能を有する。

#### (4) テレメータ装置

遠方のデータを私設伝送路を介して 1,200bps の速度で中央へ伝送する。対向方式は監視が (1:1) × N、制御が 1:N の混合方式で、監視と制御を別回線とすることにより、制御性及び信頼性を向上させている。

システム構成を図-4に示す。

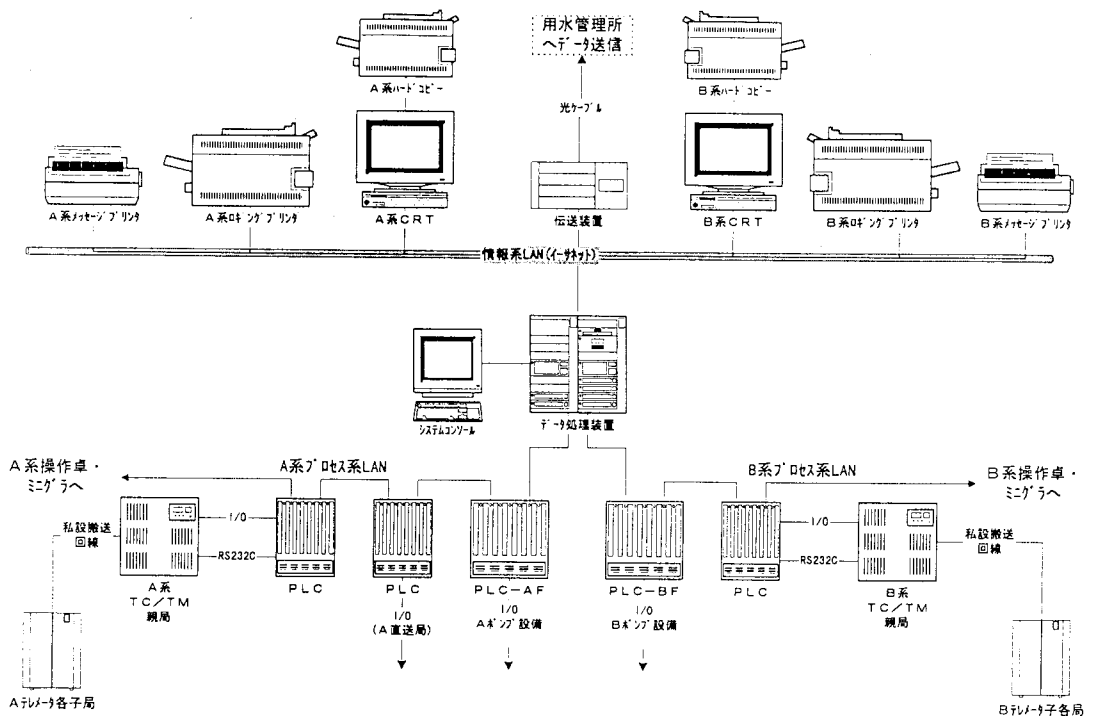
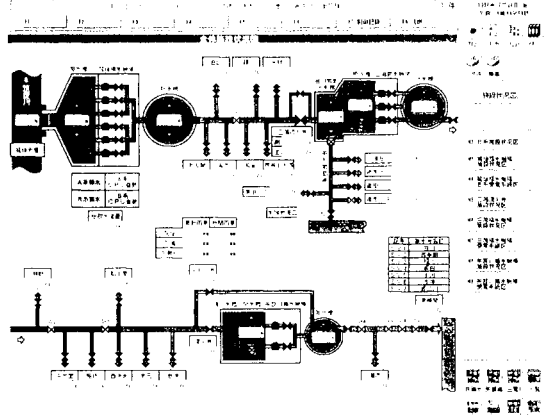


図-4 システム構成図

4. 2 機能

計算機システムの機能としては下記のものがある。

- (1) 自動連携制御機能
- (2) 画面表示機能
  - ・施設状況画面
  - ・自動運転ガイダンス画面
  - ・分水量設定画面
  - ・リアルタイムトレンド画面
  - ・ヒストリカルトレンド画面
  - ・一覧表示画面
  - ・管理日報画面
  - ・その他画面
- (3) 帳票 (日報・月報) 印字機能
- (4) エンジニアリング機能



画面 - 1 施設状況画面

画面 - 2 自動運転ガイダンス画面

分水量設定	分水量	分水量	分水量
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00
16	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00
18	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	0.00
26	0.00	0.00	0.00
27	0.00	0.00	0.00
28	0.00	0.00	0.00
29	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.00
31	0.00	0.00	0.00
32	0.00	0.00	0.00
33	0.00	0.00	0.00
34	0.00	0.00	0.00
35	0.00	0.00	0.00
36	0.00	0.00	0.00
37	0.00	0.00	0.00
38	0.00	0.00	0.00
39	0.00	0.00	0.00
40	0.00	0.00	0.00
41	0.00	0.00	0.00
42	0.00	0.00	0.00
43	0.00	0.00	0.00
44	0.00	0.00	0.00
45	0.00	0.00	0.00
46	0.00	0.00	0.00
47	0.00	0.00	0.00
48	0.00	0.00	0.00
49	0.00	0.00	0.00
50	0.00	0.00	0.00

画面 - 3 分水量設定画面

5 まとめ

自動連携制御の実流試験においては、揚水開始指令からおおむね10分以内に導水路末端までの用水供給が完了すること、また計器誤差、機器の特性誤差、損失条件誤差等に起因する流量誤差の補正機能が有効に働くことが確認された。

今回のような広域水管理システムにおいては、管理対象施設が複数の設備メーカーにまたがる場合がほとんどであり、システム機能の設計を行う上でそれら個々の設備の機器特性や制御方式との整合を図ることが非常に重要である。