HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	農業用水路のパイプライン化と管理制御の自動化の計画・設計に関する研究
Author(s)	久保, 七郎
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	乙第4073号
Issue Date	1992-03-25
DOI	https://doi.org/10.11501/3060738
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/49804
Type	doctoral thesis
File Information	000000249703.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

農業用水路のパイプライン化と管理制御の自動化の計画・設計に関する研究

久保七郎

農業用水路のパイプライン化と管理制御の自動化の計画・設計に関する研究

久 保 七 郎

目　　次

第1章　緒　　言 …… 1
第2章　農業用水路のパイプライン化と水管理の特徴と問題点 …… 7
2．1．農業用水管理の実態 …… 7
2．1．1．実態調査の概要 …… 7
2．1．2．全体システムについての問題点 …… 14
2．1．3．装置，機器の機能についての問題点 …… 17
2．1．4．運用管理上の問題点 …… 19
2．1．5．調査結果の考察 …… 24
2．2．農業用パイプラインの問題点 …… 26
2．3．水理特性からみた設計上の課題 …… 29
2．4．農業水利計画における制御の役割 …… 38
2．5．水管理制御施設の管理体制 …… 46
第3章　畑地灌漑システムの水管理制御の自動化 …… 51
3．1．畑地灌漑の管理制御システム …… 51
3．1．1．配水組織の基本構成 …… 52
3．1．2．施設配置と容量設計 …… 54
3．1．3．水路形式と送水方式 …… 61
3．2．畑地灌漑施設の管理制御の自動化 …… 63
3．2．1．管理制御施設の条件 …… 63
3．2．2．計画の手順 …… 65
3．2．3．管理制御施設 …… 66
3．3．畑地灌漑の運営管理 …… 87
3．3．1．管理組織 …… 87
3．3．2．管理項目 …… 90
3．3．3．自　動　化 …… 94
3．3．4．畑地灌漑の水管理組織と運営 …… 99
3．4．水管理制御システムの計画目標 …… 100
3．5．水管理システムの構成 …… 101
3．5．1．管理制御の対象施設 …… 101
3．5．2．制御方式 …… 101
3．6．管理レベル …… 103
第4章　多目的畑地灌漑の管理制御自動化の適用と評価 …… 115
4．1．事業概要 …… 115
4．2．水管理の方針 …… 116
4．3．集中管理システム …… 120
4．4．適用事例の総括と評価 …… 128
第5章　結　　言 …… 164
引用文献 …… 169

第1章　緒　　言

我が国の農業は，古くから水田作を主軸として発展してきただけに，水稲の安定栽培に不可欠な水源の確保，用排水路等の水利施設の整備とともに，水の運用・管理には多大のエネルギーが注がれ，独自の水管理技術が培われてきた。

アジアモンスーン地域に属し全国の年平均降水量が1,700 mm以上もあり，水資源に恵まれた国土ではあるが，年により季節により，あるいは地域的に降水の偏りがあり，渇水や洪水の影響は避けられない。このため，古来，溜池や取水堰の築造，用・排水路網の整備など，安定した水源・水量の確保とともに，用水の配分管理には長い歴史の中で定着したそれぞれの地域に特有の仕組み……水利慣行……が形成され，国際的にも誇りうる我が国独自の潅漑排水の技術体系が，いわば「水文化」として構築され伝承されてきた。その年その年の用水の豊渇等の状況に応じ，用水取得の優先順位や配分比率の定めに従って水利施設が運用管理され，基幹作物としての水稲の安定生産を実現してきたのである。

しかし，こうした水利用のルールが定着するまでには，多くの地域で，時には深刻な水争いが繰り返され，また多額の資金・労力の投入による施設の改修や，関係農民の集落共同体意識にもとづく献身的な労務提供により，これら施設の運用と保守管理がなされてきたのである。

戦後の食糧増産を至上命令とする農業政策のもとで，国営・県営等の大規模な農業水利事業が全国各地で活発に行われ，水源貯水池の築造・改修，老朽取水堰の統合・再整備，基幹的用排水路の改修・整備が進み，先祖代々の宿願が，新しい農業土木技術と多額の公的資金の投入により逐次達成された。しかし，昭和３０年代半ばを過ぎ，日本経済が史上まれにみる高度成長期に入るとともに，農業及び農村は，かって経験したことのない大きな転換期を迎えた。米の自給達成直後から始まった生産過剰問題，農村の若手労働力の他産業への大量流出等，農業構造の抜本的改革を必要とする事態の中で，農業水利施設の計画・設計・管理についても，新たな視点からの見直しが求められるようになってきた。それは，各種事業により実現した新鋭の大規模農業水利施設の性能を十分に活用する上で不可欠な施設・機器等の運転や保守管理を，共同体意識を基盤とする旧来の水利組織に求めることが，技術的にもまた労力的にも困難になってきたためである。

一方，社会経済環境の変化に伴う都市用水の急激な需要増加，畑地潅漑・施設栽培の普

及による農業用水の新規需要の発生等により，水資源の需給環境が逼迫し，農業用水分野にも水使用の効率化・合理化が求められるようになり，こうした要請に応じた新規施策が事業化される等，水の量的充足からその効率的利用へと農業水利の重点が移行してきた。

この時期はまた電子工学の急速な発展を背景とする情報工学，通信・制御技術の急成長期にあたり，農業水利施設の管理・制御にこれを導入して水管理の省力化・水利用の効率化をめざす構想が試みられるようになってきた。農業土木関係の学会誌・研究会誌の報文として，また研究シンポジュームのテーマとして「水管理システム」，「管理制御システム」等の課題が盛んにとり上げられ始めたのは昭和４０年代初頭からであるが，「人」の組織による判断と操作を前提とする在来の「水管理」に対して，その延長線上にありながら，技術的にまた発想や解析手法の面で，著しく異なる新しいジャンルの課題として関心を集め，農業土木分野の他に，社会科学・理工学・作物学等，多様な分野の研究者・技術者がいろいろな角度から水管理の問題に取り組むようになって現在に至っている。[1)2)3)4)5)7)8)9)]

当初は水管理施設，水管理システム等と呼び方もさまざまで，ゲート・バルブ等の個別の制御機器の自動化（自律制御）に関するものから，当時普及の始まったミニコンを中核に据え，「人」に代わる判断と処理の能力をそなえた通信制御システムまで，対象面積規模も10haオーダーの団体営級から国営事業の数千ha規模のものまであり，計画の内容・規模とも多様であった。また，管理・制御施設の装備内容も，工業分野等の装置・手法をそのまま農業水利の場に持ち込んだものから，現地の水利慣行に照らして独自の工夫を凝らしたものまで，整備目標・整備水準がまちまちで，しかもこれら全てが同じ尺度で論じられてきたきらいがある。そして，多くの実施事例の中には，運用開始以来高い評価を得ているものがある一方，問題を残した不都合な事例も少なくない。[10)]

この間，これらの水管理施設の実施事例の調査・分析が事業実施部門・試験研究部門の協力のもとに行われ，とりわけ現地での適用面で問題を生じた事例の調査とその要因解明に精力が傾注され，そうした努力の積み重ねによって水管理施設整備の方向が定まり，事業推進の技術的指標としての「計画設計基準」や「技術指針」が策定される等，この分野の技術がようやく定着しようとしている。

筆者は主として昭和３０年から１５年間，農業用ダムの水理に関する試験研究に従事し，余水吐，取水工及び洪水調節用放水工の調節放流に伴う流況の解明と対応工法の試験研究に当たったが，ここでの研究の主眼は「点」の制御への技術的対応であった。当時は対象

となる施設の直上下流の流況の緩和とダム関連施設の安全性が問題であり，幹・支線水路の計画・設計には「点」の連続によって「線」を構成するのが一般的な方法であった。しかし，ダム洪水吐ゲートの操作に伴う下流河川の水位変化の推定とか，ダム貯溜水の放流から下流河川での取水及び末端受益圃場への給水の時間差調整等，流量調節前後の経時変化を考慮した不定流解析を必要とする場面が多く，過剰流量を排除する水路余水吐の配置と排除容量の決定（特に，無効放流を最小限にとどめるための水理設計手法）等の動的かつ水路系全線にわたる過度現象の問題に筆者は大きな関心をもって研究を行ってきた。

一方，昭和３０年代半ば頃から畑地潅漑地区等で導入が始まった小規模中低圧の農業用水パイプラインが，昭和４０年前後からは水田灌漑地区を含めて次第に大口径・長延長かつ複雑な路線配置へと発展し，上水道等の分野で開発され定着した計画・設計・施工の技術をベースとして使用管種・工法も多様化してきた。[11)12)]

在来の開水路主体の農業用水路系に比べ，パイプラインの導入により用地取得や路線計画の自由度の面で，また施工性や水利施設としての機能性の面で多大のメリットが数えられたが，その反面，農業用に特有の使用条件等から計画時には予想もできなかったトラブルが各地で多発したため，これらの事故の原因究明と対応策の検討が必要になり，現地調査ならびに室内実験等を通じて新工法・新技術の開発に筆者も参画するようになった。また，こうした急速な普及に対応して農林省独自のパイプラインの設計基準案の検討が開始され，国営・県営事業等での実施例・使用実績の調査結果に基づき，農業用の水利施設としての計画・設計・施工及び使用上の諸条件を加味した始めての基準が制定され昭和４８年３月に刊行された。この中で筆者は，水理設計の主要部分を担当し，水輸送系としてのシステム設計，動的挙動解析の視点から合理的な設計手法・設計手順を整理し提案した。この基準は，昭和５２年に１次改訂，昭和５８年に２次改訂が行われ，その間の多数の試験研究成果，施工実績等の技術蓄積を踏まえて内容の充実・強化が図られた。[13)14)]

この間，筆者は昭和４５年に「畑地の用排水に関する研究」に移行し，専ら畑地潅漑施設，特に散水潅漑に必要な中高圧管水路施設の起動・停止繰り返しに伴う，施設系の水理学的挙動の解明と，これらの施設を安全かつ省力的に操作するための制御方式に関する研究を行った。[15)16)17)18)]

この時期，畑地潅漑研究分野では，スプリンクラー等の散液機能を活用して作物への水分補給のほか農薬・肥料等の省力散布，低温時の散水氷結法による凍霜害防止など，多目的利用への関心が高まり，技術開発のための試験研究の一方で小規模な事業化が進められ

ていた。薬液等を混入した散水施設の操作には，潅漑単用の場合とは比較にならない高頻度・高精度の動作が求められることから，自動化と結びついて多目的利用・自動化技術として調査・研究が進められた。適期作業と省力化を緊急課題とする傾斜地みかん園等で大きな期待をもって迎えられた技術で，農業土木をはじめ，作業技術，作物，作付体系，土壌・肥料，病害虫・農薬，経営・経済，機械，情報工学，通信・制御等，きわめて広汎多岐の研究分野及び産業界の連携協力を必要とする技術であるが，計画の方向を決める技術基準がないまま，制御機器メーカー等の業界技術陣・営業陣も加わって，機能面・価格面で多様なシステムが構想され，現場では新しいシステム導入期にありがちな少なからぬ混乱も生じ始めていた。研究室での試験研究と並行して，筆者は構造改善局の計画基準策定調査に参画し，末端潅漑施設の自動化に当たり考慮すべき事項を系統的に整理し，自動化の機能に応じて５段階のレベルを設定するとともに，中央から末端に至る制御系の構成方針について独自の試案を提示した。[19)20)21)22)23)24)]

これとは別に，水田・畑を含む農業水利施設系の管理技術の基準化を目的として「水管理改良施設」の調査を，構造改善局計画部に協力して昭和５０年度から５２年度にわたり実施した。この調査では，全国の国営・県営・団体営で造成された農業水利施設の水管理方式・施設・使用機種を網羅的に調査し，特徴と問題点を整理した。筆者はこの調査のために設けられた委員会の中心メンバーとして，全国実態調査の企画・調査指導・結果のとりまとめを行い，その結果にもとづき，さきの畑地潅漑の自動化施設について提案した構想を拡充強化し，水利施設系の用途・規模・施設構成に応じた「階層管理システム」として類型化した。[25)26)]

さらに，昭和５０年から５９年にわたって「畑地かんがい」，「バルブ」，「ダム・頭首工・用水路」，「ポンプ場」に関する水管理制御施設の設計技術指針４編を作成し刊行した。これらの指針策定では，前述の「パイプライン」，「畑地かんがい」，「水管理改良施設」の各計画基準策定を通じて管理制御施設を担当してきた経緯から，通信・制御システム工学技術者の協力を得て，前述の機能レベルに応じた具体的な機器構成，水利施設系の構成・水管理組織の運営の仕組みにマッチした階層管理システムの理念を体系化し，ここに農業用水管理についての構想・計画から概念設計・実施設計及び運用管理の実施にいたる一連の技術体系が集大成された。[27)28)29)30)]

この間，大型プロジェクト研究として農業土木試験場を中心に，別枠研究「農業水利施設系における水管理のシステム化に関する総合研究」（昭和５３年～５７年）が組織され，

農業土木・作物・土壌・経営等の関係研究部門，国公立試験研究機関及び大学の研究陣を総動員して問題の解明に当たった。この研究は，地域自然資源としての水資源の賦存量の把握と，作物・圃場レベルでの用水需要の量的・時間的特性の解明を行い，需給条件にマッチした効率的かつ合理的な送配水を実現するための農業水利施設の計画・設計法を確立しようとするもので，水源から末端圃場に至る幹支線水路網を一つの系ととらえ，水の運用管理のシステム化を図った点に特徴がある。

この総合研究が，それまで研究部門ごと，あるいは研究グループごとに進めてきた水管理に関する研究手法と成果を，システム化の目的に向けて結集し，技術の総合化・体系化に果たした役割は大きい。この研究を契機として，農業関係の各試験研究部門に水管理の重要性の認識が広く浸透し，また行政・事業実施部門に計画・設計の素材情報を提供し技術革新に貢献した点に大きな意義がある。[31)32)33)34)]

これらの調査・研究及び技術基準策定業務への参画等を通じて，筆者は水管理システムを有効に機能させるための水利施設及びその付帯施設の配置とともに，手動操作方式から遠方監視制御方式までを含む水管理施設の計画・設計に関して，農業水利に特有の条件とのマッチングを重視する立場から，特に以下の事項を重点的に究明した。その結果は基準等に反映され行政施策としての事業推進に貢献している。

① ハードシステムとソフトシステムとの調和：農業水利施設系における水路・調整池等の土木的施設，ポンプ・バルブ等の機械的施設・機器，情報機器・通信系等を含む制御システム，及び運用管理の人的組織体制をトータルにとらえた，これら相互間の調和の重要性。管理主体（人）を介在させることの意義と役割，管理制御機能の優先度の考え方等。

② システムの機能・構成の評価基準の明確化：運用管理体制に適合した監視制御システムの選定指標，階層管理システムの機能レベルとこれに対応した機器構成及びその評価基準等。

③ システム異常の早期検知と安全対策の確立：農業水利施設系の局所的異常（漏水・故障等の事故，特定ブロックでの水の過大使用等）に対する全体系の安全対策，過流量検出・流量遮断システム（フェイルセーフ，フェイルソフト等）の導入。

④ ルーズな水路システムと緩動機器等の活用：水路系内の流れの動特性の解明によるシステムの安全性の向上，緩動性の機器の活用によるシャープすぎる動作・流況の改善，安全弁・調圧弁及び余水吐等の利用による圧力・水位バランスの調整，調整池の

活用による需給特性の緩和（タイトな系の改質）。

⑤　開水路・管水路複合系の対応工法の類型化：水理特性・制御特性の異なる開水路・管水路を一つの系に混用する場合の対応方策について，水利施設系の規模・受益農地の作目構成と配置に応じてパターン化。

これらの結論・提案は，全国的な事業実施地区の事例調査とその分析結果を踏まえたものであるが，各種情報機器，通信制御装置及びその利用技術の発達・普及により，制御系の整備水準が高まり，ややもすれば制御系の高度化により水利施設のハード面を大幅に省略・簡素化できるがごとき極端な論議に対する警鐘の意味も込められたものである。そして，農業用施設の特徴である野外での過酷な使用条件，面積的な広がり（管理対象の広域分散），人的監視機能の希薄さ等を前提とし，基本となる水利施設そのものに中心をおいた計画・設計・施工の重要性，水管理・利用の主体である「人」とその組織の位置づけを強調するとともに自然災害・機器故障・操作ミス，並びに計画設計時の検討不足（設計不良）等による不測の事態に対して二重・三重の安全対策の必要性を強調したものである。

第2章　農業用水路のパイプライン化と水管理の特徴と問題点

2．1．農業用水管理の実態

2．1．1．実態調査の概要

a．調査の目的及び調査方法

近年における社会経済環境の変化，諸産業の急速な発展の影響を受けて，農業用水の需要構造は著しい変化を示している。すなわち，水田においては機械化省力栽培技術が普及し，兼業化の進展と相まって，水需要のパターンが大きく変化するとともに，送配水路系のパイプライン化などにより末端での水利用の自由度が拡大される傾向にある。また，畑においても，用水の導入を契機として新たな営農の展開が図られ，多目的利用が定着するなど水需要構造に大きな変化をもたらしている。

一方，都市用水等の急激な需要増加に伴う水需給バランスの悪化から，農業用水に対しても水利用の改善・合理化を求める声が高まってきた。

こうした要請に対処するため，農業水利施設の整備が進められ，合口・統合等による大規模で広域を対象とする水利施設への転換，最新の技術を導入した高度な装置化による運用管理の合理化が進められてきた。しかし，このような水需要の構造的な変化・水利施設本体の機能強化に比べて，これを適切に運用操作するための水管理施設の整備は必ずしも十分でなく，また地域的な要求度の差や計画設計担当者による技術的対応の差もあって，現場では少なからず混乱が生じ，早急に計画の指針・指標の策定が必要になってきた。

このため，農林水産省構造改善局計画部では昭和５０年度から3ヵ年計画で水管理の実態を調査し，施設利用の実態と問題点を把握し，農業用水管理の改良に必要な施設整備の方向，特に水管理システムの構成と整備水準について，計画基準策定の指標を求めることとした。

筆者は，農業土木学会に設置された「計画基準改定委員会・水管理改良施設部会」に委員として参画し，各地方農政局，北海道開発局及び道府県の協力を得て，国営・県営・団体営等として施工された全国の農業水利施設の内，水管理について「何らかの」方策を講じている地区（各々１０地区程度）を抽出し，詳細な調査を行った。また，この内6地区については精査地区として3年間にわたる現地試験を含む精密調査を行い，全国的な視野のもとで水管理の実態と問題点を正しく把握し，計画基準の策定に反映させることとした。

なお，全国実態調査については，筆者が企画及び調査指導を行い，各委員並びに各農政

局・関係道府県担当者による調査結果の取りまとめを筆者が中心になって担当した。

b．調査項目及び調査地区

調査項目は次のとおりである。調査内容及び調査表書式の原案は筆者が作成し，委員会での検討及び若干の試行調査を行って決定したものであるが，水管理施設の台帳としてデータベース化するため，樹枝状の質問を設定し整理し易いように調査項目を構成した。

1．事業計画概要

(1) 一般計画概要　　(2) 事　業　費

(3) 計画の基本条件　1)　対象作物と用水量算出根拠，

2)　団地構成，農家の経営規模と営農形態

2．用排水組織と問題点

(1) 用排水系統　　(2) 組織容量とその算出根拠　　(3) 調整池容量とその算出根拠

3．水管理システムと使用上の問題点

(1) 水管理制御系統　　(2) 水管理施設の機能レベル（整備水準）

(3) ブロック支配面積　　(4) 制御方法　　(5) 運用方法

4．配水施設とその機能（容量・使用機種・規格・選定理由）

(1) ポンプ　(2) 沈砂池及び防塵機器　(3) 分水施設，機器　(4) 量水施設，機器

(5) 制水弁　(6) その他の弁類　(7) 水路形式と構造，材料　(8) そ　の　他

5．末端施設とその機能

(1) 水　　田　1)計画ブロック構成，2)末端給水口の種類，3)制御方法，4)その他

(2) 畑　　1)水利用の目的，　2)ブロック構成，　3)スプリンクラー諸元，

4)薬液等の混入・回収・処理方法と機器，　5)制御方法，　6)その他

6．水管理合理化のために導入した装置・機器の仕様と利用方法

(1) 中央制御機器　　(2) 末端操作機器　　(3) 検出機器（センサー）

(4) 情報伝達方法　　(5) その他

7．維持管理

(1) 維持管理組織とその運営方法　　(2) 維持管理費用の内訳とその負担方法

(3) 維持管理労力とその内訳　　(4) 水の使用実績（月別）　　(5) その他

8．問題点と今後の計画への提言

(1) 問　題　点　1)全体システムについて,　　2)装置・機器の機能,
　　3)運用管理上の問題点,　　4)その他
(2) 意　　見　1)計画設計担当者の意見,　　2)施設管理担当者の意見

調査の実施に当たっては，予め事例調査を行って調査のねらい・重点事項等を明確にするとともに，問題点を浮き彫りにして，調査結果を水管理施設の計画設計技術の改善に活用できるようにした。特に，計画用水量とその使用実態，水利施設の機能と実際の運用状況など，これまで必ずしも十分でなかった施設の利用実態を明かにし，実際の施設での運用実績にもとづく今後の水管理施設計画の指針を求めることとした。

調査は次の５段階からなる。

① 水管理改良施設実態調査：抽出された代表的な６６地区について，前述の調査項目を内容とする詳細な調査票により，資料を収集した。（昭和５０年度）

② 水管理改良施設実態調査（追加地区調査）：国営の比較的大規模な地区を中心に，別途１０地区追加し，同じ項目・内容の調査を行った。（昭和５１年度）

③ 水管理改良施設実態調査（細部補足調査）：以上の調査が，全地区一律で総括的なのに対して，比較的新しいシステムを導入している２５地区を対象に，より具体的な設問を課して補足調査を行った。調査内容は，制御施設の内容・設置経費・使用実態，情報系統及び応答システム，維持管理費，施設の故障，ゴミ処理の実態とした。（５１年度）

④ 水管理改良施設実態調査（用水使用実態調査）：水管理の前提となる農業用水の需要動向を把握するため，水田地区１０，水田を主とする地区３，水田・畑混在地区３，畑地区７，計２３地区について，取水工の取入れ水量を調査し，マクロにとらえた地区全体の用水実態の資料を収集した。（５２年度）

⑤ 水管理改良施設・整備水準調査：水管理施設の整備水準について，全国的な概況を把握するため，農業水利事業として実施された国営・県営の全地区（４７５地区）を対象に，水管理施設の有無，そのパターン，監視制御の対象及び管理レベルについて，計画基準試案を用いて調査を行った。（５２年度）

これらの調査の結果，農政局・道府県の調査担当者の多大な協力を得て，関係資料は詳細かつ膨大なものとなり，企画時点での予想を上回る貴重な資料を収集できた。資料は江崎委員の協力により整理・集約し，報告書にまとめた。時間的な制約もあって因果関係の

解析等，内容の十分な分析にはいたらなかったが，その後の水管理に関するプロジェクト研究の課題化に当たっての問題点の整理，ならびに研究・行政を通じて水管理問題の重要性の再確認と具体的な対応方針の策定に貢献した。[35)36)37)38)39)40)]

以下，後の章で詳述する筆者の問題意識，及び技術的提言の根拠となった問題点を中心に調査結果を要約し，問題の所在を明らかにしておきたい。

表－１に調査地区名及びその概要を示す。

表－1　調　査　地　区　一　覧　表

分　類	農政局	地　区　名	面積ha	水田ha	畑　ha	備　考
水　田	東　北	日向川	1,695	1,695		50，補足調査
		御所	211			50
		猪岡短台	617			用水量調査
		綴子	339			用水量調査
	関　東	鬼怒川南部	9,428			51
	北　陸	安養寺	85			50
		清水山	98			50
		東加積	114			50
		庄川	311			50
		本庄寺	480			50
		横田	272			50
		加治川	7,445			51
		信濃川右岸	7,792			用水量調査
		手取川右岸	5.923			用水量調査
		九頭竜川右岸	5,769			用水量調査
	東　海	濃尾用水	11,694			51
		矢作川第二	7,744			51
	近　畿	野洲川	2,197			50，補足調査
		別所	257			50
		愛西西	536			50
		高槻	608			補足・用水量調査
	中・四国	－－－				
	九　州	－－－				
	北海道	中樹林	1,210			50
		豊幌	730			50，補足調査
		栗沢	1,663			50
		栗山	2,692			用水量調査
		当別	2,219			用水量調査
		深川	3,489			用水量調査
		富良野	5,366			用水量調査
田主畑従	東　北	戸沢	245			50，用水量調査
		中内	102			50
		手の倉	378			50，用水量調査
	関　東	－－－				
	北　陸	柴山潟東部	254			50，補足調査
		前谷	396			50，補足調査
		九頭竜川	8,200			51
	東　海	住吉	575			50,補足･用水調査
	近　畿	大畑	34			50
		十津川・紀ノ川	21,040			51
	中・四国	－－－				
	九　州	－－－				
	北海道	－－－				

分　類	農政局	地　区　名	面積ha	水田ha	畑　ha	備　　考
田畑混在	東　北	－－－				
	関　東	増穂	239			50，補足調査
		釜無川右岸	3,326			50
		中信平	10,260			51
		三方原	5,916			51，用水量調査
		群馬用水	9,778			50，補足調査
	北　陸	－－－				
	東　海	高師支線	362			50
		大清水支線	876			50
	近　畿	－－－				
	中・四国	板東谷川	189			用水量調査
	九　州	出水平野	3,207			51
		綾川	3,042			51
	北海道	山部	2,986			50，用水量調査
畑主田従	東　北	－－－				
	関　東	－－－				
	北　陸	－－－				
	東　海	－－－				
	近　畿	－－－				
	中・四国	－－－				
	九　州	高遊原	687			50
		野津	1,434			50
	北海道	－－－				
畑　地	東　北	－－－				
	関　東	－－－				
	北　陸	打木	17			50
	東　海	城下支線	84			50，補足調査
	近　畿	岡山津田内湖	152			50
		月ケ瀬村西部	8			50
	中・四国	有明	20			50
	九　州	－－－				
	北海道	北浜	110			50
		平和	185			50
		稀府	22			50
		森川	80			50
		栄	22			50，補足調査
樹園地	東　北	牡丹平	67			50
		野田	28			補足調査
	関　東	平口	40			50
		中山東部	26			50
		花平	25			50
		小松	20			50
		富幕	20			50
		日滝原	757			50，補足調査

分　類	農政局	地　区　名	面積ha	水田ha	畑　ha	備　考
	北　陸	－－－				
	東　海	井田	8			補足・用水量調査
		上野	12			補足・用水量調査
	近　畿	有田川	1,583			50，用水量調査
		下津	140			50
		宮原	65			50，補足調査
		千田東	55			50，補足調査
		栖原	39			50，補足調査
		大淀西部	46			50
	中・四国	福地	35			50，補足調査
		東山	11			50
		奥山	23			50
		玉津	22			50
		吉見	17			50
		菊間	195			50補足・用水調査
	九　州	八女	103			50補足・用水調査
		赤木	97			50
		山の上	32			50，補足調査
		河東	17			50
		本村	15			50，補足調査
		四日市	107			50
	北海道	－－－				
畑・樹園	東　北	東茨新田	103			50，補足調査
		八竜	316			50
		玉の池	10			50
	関　東	上野原	116			50
	北　陸	築地	142			50
	東　海	－－－				
	近　畿	－－－				
	中・四国	浦山	20			50
		北条砂丘	615			50，補足調査
		大社	238			用水量調査
	九　州	鼓原	22			50
		笠野原	4,807			用水量調査
	北海道	－－－				

（注）50　：昭和50年度　実態調査地区　72地区
51　：昭和51年度　実態調査地区　10地区
補足調査　：　実態補足調査地区　25地区
用水量調査：　用水量使用実態調査地区　23地区
調査対象地区合計　98地区

2．1．2．全体システムについての問題点

各地区から多様な問題点が指摘され，パイプラインの管種選定・施工法など基幹的な水利施設自体の問題や，用水量決定の手順・指標など農業水利計画全般にわたる問題まで含まれているが，水管理施設の計画・設計に係わる事項に絞り，水田・畑を通じ各地区に共通的な事項を列記すれば次のようである。

① 計画用水量の余裕の確保（水利用の時期的・時間的集中への対応）：水田地帯では兼業化の進行により，蔬菜・施設園芸地帯では適期灌水の必要上，水利用の時期的・時間的集中が恒常化し，水不足が生じている。また，送配水路系の構成によっては，水管理に必要な「調整容量」を見込んでおかないと，送配水のタイムラグや管理損失水量による水不足に対応できない。

② パイプライン利用技術の徹底：水田地帯では「掛け流し」灌漑の習慣が根強く，給水栓を開き放しにして水見回り労力を省く農家が多い。ポンプの運転時間を決めている場合でも，受益者は上水道と同様な自由な水使用を求め，朝までに管路内の水を使いきってしまう危険性があり，再起動のための充水に多大な労力と時間を要する。施設整備直後のトラブルの多くは，こうした施設利用技術の不徹底に起因する。

③ ポンプ及び制御バルブの複列化：ピーク期を想定した用水計画に対して，非ピーク期の用水量は最大値の半分以下になる場合が多い。電力料の節減，操作労力及び休閑期の定期整備等を考慮し，汎用型のポンプを2台あるいは3台の並列運転とすることが望ましい。送配水系のバルブの口径設定についても同様。

④ 砂・ゴミ等の夾雑物及び汚濁水対策：上水道と異なり，農業用水には砂・ゴミ等が混入し，水位計や流量計の利用を阻んでいるが，特に近年は都市・農村を問わず不法投棄等による大量のゴミ・汚水に悩まされ，高精度の制御機器・センサーなどの機能障害の原因となっている。また，除塵装置を設けた場合，陸揚げされた大量のゴミの乾燥・焼却及び処分地の確保まで考えておく必要がある。水質の汚濁・汚染が著しい場合は水利施設の部材を腐食し，各種計器の機能を低下させるので注意を要する。

⑤ 落雷等に対する制御装置・機器の防護対策：農業水利施設の管理制御システムに共通の問題は雷対策である。野外にセンサー類・制御機器・伝送路を分散配置する農業施設の宿命でもあり，ほとんどの地区でこの問題に悩まされている。真空管や電磁リレーを主体とする旧型では回避できたものが，小型・軽量で高感度の電子回路・部品に置き変わってトラブルが急増した。十分な防護対策を講ずるだけでなく，落雷等の

影響を受けにくいシステム構成にし，また，落雷の影響が水利施設系の致命的な事故につながることのないような設計上の配慮が望まれる。

⑥　制御施設の操作法の改善：水管理施設の操作管理に当たるのは，一般に土地改良区の役員もしくは管理員であり，この分野の専門技術者が担当できるケースは稀である。特に，大規模なシステム，複雑なシステムでは操作法の習熟に相当な時間がかかり，また，不用意な操作ミスによる制御系のダウン，更には水路系の異常動作につながることを懸念する声が多い。したがって，管理制御の内容は複雑・高度な場合でも，操作の単純化を図るとともに，万一誤ってボタンを押し間違えたような場合に，再確認を求めるチェック機能を組み込んだシステムとする必要がある。

⑦　管理制御システムの支配規模：作目やその混在程度，経営規模と協業程度，土地の起伏などの条件により必ずしも一律に決められないが，１人の管理員の監視が行き届く範囲として，末端管理の規模は，畑地・樹園地で２０～５０ha，水田でその２倍程度とする意見が多い。一般に，この程度の面積を基本単位とし水管理のブロック構成を行っているケースが多い。自動化を進め水管理の省力化を図る場合も，全くの２４時間無人管理を想定した計画は考えられず，結果として人間の判断と処理の余地を残した管理システムとなっている例が多い。

⑧　地形や圃場配置と水管理施設：急傾斜地みかん園等で水管理自動化の必要性が強調されているのに対して，平坦地水田や大規模畑作地帯では必ずしも重装備の管理施設を求めていない。多目的利用として防除・施肥等を計画に盛り込んだ地区では一般に高度な自動化が歓迎されているが，土地基盤が未整備で作目が混在し，個別零細経営を主体とする地区では手動もしくは簡易な自動化で十分である。

⑨　水管理自動化の範囲・程度の条件：幹線系の水管理機能強化は一般的な傾向であるが，末端自動化に対する要望の強さは，内地の樹園地・普通畑・水田，北海道の畑地・水田の順で，水利用の集約度や労働事情を反映している。自動化の内容も，単なるポンプやバルブ・ゲートの水位ON-OFF制御程度のものから，簡単なシーケンス制御，水位・圧力センサーを組み込んだフィードバック制御，さらには通信・情報処理技術をフルに使った集中監視制御まで多様で，投入経費も１桁以上の開きがある。

⑩　装置・機器の故障時の復旧・修理方策：施設の整備時点では，中央の有名メーカーの信頼度を重視する傾向があるが，供用開始直後に多発する初期故障の復旧に手間取り，地方でも手に入る部品，街の電気屋に修理を頼める装置が理想とする意見がある。

特に，防除作業を開始し多量の薬剤を調合し終わったところでシステムがダウンし，一片の部品と技術者の到着を待って農薬を無駄にした例が少なくない。

⑪　管破裂等の事故時の早期発見・被害軽減方策：事故対策をシステムに組み込んだ事例は少ないが，予期しない事故に苦しめられた経験から，異常事態の発生をランプ・警報等で管理員に知らせ，安全側に動作して停止する機能の要望が多い。K地区では，幹線パイプの継ぎ手からの漏水を知らずに夜通し加圧送水したため，圃場に大きな陥没穴を作り，近くの農家の納屋を水浸しにした。S地区では漏水による圧力低下を使用水量の増加と検知してポンプをフル稼働し続けた結果，注入した多量の農薬が排水路を通じて内湾に流れ込み，漁業補償と施設使用停止の訴訟にまで発展した。いずれも，自動運転の導入により監視員を削減した安易な対応が原因となっている。

⑫　圧密沈下等によるパイプの破裂による長期間通水不能の回避：送配水路系の複線化，パイプラインにおける管網配管方式採用の効果を強調する地区が多い。これは予期しない事故により，事故に無関係のブロックまで全面的な機能停止に陥る事態を避けるための危険分散の措置として，手痛い経験を踏まえた対策と考えられる。

⑬　送配水系における調整池の役割と容量増強の必要性：幹線系の調整池は，経験的に水路の補修等のための断水期間（日数・時間）中の支配下ブロックの水使用を保障するすることを目安に決め，また，畑地灌漑のファームポンドは幹線系の２４時間送水と末端での実際の水使用時間との差，８～１２時間送水量相当分の貯水が基本になっている。これに対して，水源の期別計画取水量の枠の中で，末端の水利用の自由度を確保する立場から，調整池容量・ファームポンド容量増強の要望が多い。

⑭　中央集中制御と末端分散制御の得失：調査地区の中には，(ｱ)幹線系のみの管理システム（末端は手動，水田地区に多い），(ｲ)末端のみの管理システム（幹線系は手動，畑地灌漑地区にみられる最も一般的なタイプ），(ｳ)幹線系・末端ともの管理システム（国営畑地灌漑地区等，比較的少数）などがあり，(ｳ)については，幹線・末端一貫システムと，幹線・末端個別独立システムとがある。これらは，事業の形態，施工時期等の事情によるもので，比較検討の結果ではないが，計画担当者及び使用者の双方から出ている意見では幹線・末端一貫システムへの疑問が多い。これは，用水の取水・分水に重点のある幹線管理と，圃場に密着した末端の水管理との性格の違いや，見回り等を含む管理員の負担の問題等を考慮したものと思われる。

⑮　水管理システムの導入・方式選定の理由：必ずしも明確な回答は得られていない。

導入に当たっての評価手段を欠くため，個人的な主観・趣向が重きをなし，周辺で実施情報の収集に努め，判断材料としている模様であるが，限られた範囲の個別特定条件下の使用実績情報により本筋を誤る危険性がある。このため，規模・圃場・作物等の条件がほぼ同じ地区間で，全く違った仕組み・レベルの管理システムが導入され，また，ある地区で高く評価されている同じシステムが，別の地区で使いにくいとかの問題指摘がなされる等の例が見られる。

2．1．3．装置，機器の機能についての問題点

農業土木以外の専門分野の技術を導入・活用する技術だけに問題が多く，装置・機器そのものの責任によるもののほか，受け入れ側である土木サイドの勉強不足・理解不足に起因する問題も少なくない。そして，何よりも問題とすべきは，専門の違いによる対話不足，特に共通の問題意識並びに価値判断の欠如が，せっかくの近代的施設を十分に使いこなせないまま，相互の不信感が醸成され，水管理施設の改善に向けての機運を後退させる懸念を抱かせた。ここでの問題点の内，典型的な事例を上げれば以下のようである。

① 大口径制水弁の電動化・自動化：バルブ口径500㎜を超えると手動では操作困難で，電動化が必要。次の段階として流量・圧力等の検出情報による自動化が求められる。

② 電磁弁のゴミ目詰まり：微細なバイパス流路を通じた調圧室の圧力バランスによって動作する電磁弁の構造上，バイパス流路に砂・ゴミ等が侵入して動作不能に陥るトラブルが最も多い。除塵装置の整備とともに，目詰まりの生じにくい構造，混入した目詰まり物質を簡単に除去できる構造の電磁弁の開発が望まれる。（各地からの苦情・問題指摘により，初期のものに比べて格段に改善されている。）

③ 電磁弁の落雷による故障：ほとんど全ての地区で指摘された問題で，地中に埋設された通信線を通じて誘導雷を拾い，ごく弱い雷発生でも簡単に焼損し，電磁弁による自動化システムの最大の弱点となっている。アレスタ等の避雷対策により当初のものに比べて大幅に改善されたが，なお復帰操作の煩雑さ等の指摘がある。

④ 電磁弁の外乱による誤作動：制御回路の電子化・高感度化に伴い，整備不良の自動車や列車のスパーク，トランシーバ交信等のノイズを受けて誤動作し，全く無関係の地点で突然に水の噴射が始まるなどのトラブルの報告が多い。特に，農薬を散布中の誤動作は問題で，薬剤の損失に留まらず補償問題にまで発展した例がある。（制御信号系にアンサー照合信号を付加する等の方法でほぼ解決出来るが，コストアップは避

けられない。）

⑤　湿気による電気系統機器の故障：末端バルブは圃場沿いの弁室（マンホール）に設置されるため一般に湿度が高く，場合によっては水没する例もあるなど，電気的制御回路には極めて苛酷な条件のケースが多い。このため，電気部品の寿命が1シーズンも保てず，ユーザー・メーカーとも対応策に苦しんだ模様が記録されている。耐食性に優れた部材の使用，配線部の完全密封等の対策が進み，初期段階のものに比べて年次を追って改善されたが，根本的な解決には至っていないようである。

⑥　落雷による制御系電子部品の焼損：圃場内に制御用通信ケーブルを張り巡らした模様は，雷の誘導には格好のシステムである。電磁弁に限らず制御系の電子部品を簡単に焼損し，その修復に多大の時間と経費を要した事例の報告が多い。

⑦　パイプ継ぎ手からの漏水：水管理システムとは直接の関係はないが，パイプ継ぎ手の漏水に関する問題指摘が多い。これは，ポンプの起動・停止，バルブの開閉等による配水管路の圧力上昇が異常に大きくなることに関係するもので，昇圧軽減の制御動作，異常圧力の吸収緩和装置等の検討が必要である。

⑧　水位計・量水計の故障：原因は多様で，部材の腐食，センサー部の折損，導水部の目詰まり等により，水位・流量の情報把握手段を失い，対応に苦慮した事例が多い。

⑨　停電によるタイマー設定時間の狂い：タイマーを組み込んだシーケンス制御の場合，不時の停電で，それがごく短時間でも，タイマーがゼロ復帰の仕様になっていると，停電以降の制御動作に狂いを生じる。制御の重要部分については停電補償回路が必要となろう。

⑩　制御盤の表示灯の表示内容：正確な情報把握に基づく的確な制御管理を行うためには，制御盤に表示すべき項目とその内容に吟味が必要である。見かけ上は同じでも，操作したことを示す点灯と，操作に伴う現場機器の動作の結果を示す点灯とでは情報としての価値が全く異なる。設計段階の意思疎通を欠き，供用段階に入ってから問題化する典型的な例で，問題事例として多く報告されている。

⑪　プログラム設定方式の利点・欠点：大変使いやすく便利だとする意見と，逆の指摘とがみられる。操作員の訓練度合いにもよるが，装置内容でもカセット方式の採用など，初心者向きに改造したものが歓迎されている模様である。

⑫　ポンプと制御弁等の付帯機器との連携動作：ポンプの起動・停止に係わる一連の動作は，ポンプの自動運転としてごく一般化しているが，不時の停電に際してのバルブ

操作，再起動のための対応のマニュアルが求められている。

⑬　空気弁・安全弁等の安全施設の機能確保：安全施設の緊急時の動作不良は致命的な問題につながる場合が多い。弁の動作回路の目詰まりによるケースが多く，日常的な点検・整備の重要性につき管理員に対する訓練が必要で，チェックリストにも明記しておくべきであろう。

⑭　制御回路（有線）の保守，無線の混線防止対策：農村地帯では，制御用の架空線はハンターの散弾で傷つけられ，埋設ケーブルは耕作機械によって切断される等，保守管理に予想以上の費用と時間ロスが，また，無線方式における混線による異常動作の事例が報告されている。

⑮　薬液混入装置の希釈濃度確認方法：農薬等の注入地点で濃度を設定するだけで，以後のチェックはできない仕組みのものが多く，注入地点から離れた場所では濃度に対する不安がある。地区内何ヶ所かで濃度確認を行い混入装置にフィードバックできるシステムが求められている。

2．1．4．運用管理上の問題点

高度に装置化された水管理施設を活かせるか否かは，その施設を運用管理する体制の整備にかかっている。このことは同時に，水管理施設の計画設計方針と運用組織の構成並びに運営方針との整合性に帰結する問題とも言える。さまざまな問題点指摘の中で，水管理施設計画の将来方向に係わる問題を抽出すれば以下のとおりである。

①　水使用量の変化への対応：水田地帯では，兼業化の影響で代掻き・田植えが土曜・日曜に集中して水不足を生じ，給水栓の操作が朝夕に集中・競合するなど，在来の慣行とは異なる水利用形態が恒常化している。畑地帯では，作物が混在する普通畑・蔬菜畑等で計画ローテーションと無関係に，個別・自由利用を求める傾向が強く，土曜・日曜や連続干天後半に水利用が集中するため，ピーク時には水不足を来す。このような場合，開水路地区では，下流ブロックが極端に不利な条件におかれ，パイプライン地区では，管内流量の収支バランスが崩れて空洞化し使用困難に陥るなどの問題が頻発している。これに対し，今後は水利計画面，施設設計面並びに運用管理面を通じ情勢変化に応じ柔軟に対応できる方策を検討する必要がある。

②　非灌漑期の通水要請への対応：施設栽培等の普及により，非灌漑期の通水を求められるケースが多くなっている。水量はピーク期の10%以下，数%程度の場合が多く，

流量制御の設計領域から外れることのほか，水路・付帯施設等の点検整備の時間が窮屈になるなどの問題がある。

③　人手不足の恒常化による運営委員・管理人の確保困難：ほとんどの地区に共通の問題で，これが省力的な水管理施設導入の発端になったケースが多い。大幅な自動化を取り入れて，労力は在来方式の十分の一以下で済むようになったが，兼業等の関係で運営・管理担当者の人選に苦労している地区が多い。

④　装置・機器の操作要領の徹底（専任オペレーターの養成）：水管理に係る装置・機器の高度化に伴い，今までのように受益者が輪番で世話をする方式は通じない。特定の管理員を決めてオペレーターとしての訓練を積ませ，この管理員が施設の管理・操作法を普及し，底辺を広げる２段階が必要なようである。簡単な施設・装置の場合はもちろん，かなり高度な施設の場合でも，年数の経過とともに管理システムの趣旨や基本的な操作要領が（増設・改修部分を含めて）散逸し，後任の担当者に伝わらなくなる場合がある。施設を安定的に活かして使っていくためには，操作員を特定する専門分化が必要と考えられる。

⑤　高圧受電に必要な電気技術者の確保：一定容量以上の高圧受電には法による電気主任技術者の配置が義務づけられ，適任者がなかなか得られないために，法定の電気容量が末端加圧機場の支配面積を規定している実態がある。散在する多数の小規模機場及び幹線系の機場を含め，書類手続き上の扱いは別として，責任管理のできる技術者の確保が今後の大きな課題といえる。

⑥　砂・ゴミ等の用水混入物質の除去と処理：農業用水の管理は，ゴミとの戦いであると言われている。高度化した施設，精密なセンサーや制御機器を活かして使っていくためには，ゴミ類の除去について特段の方策を講ずるとともに，農業用水の水質条件のもとでの使用に耐えるタフな機器の開発に不断の努力が必要である。一方，自動スクリーン等で排除したゴミ類は，膨大な量になって，その処理・処分に苦労している例が多い。除塵・乾燥・焼却・埋立まで考慮した処理の仕組みが必要とされる。

⑦　計画ローテーションの不徹底（自由利用の要求への対応）：水田では，開水路を主体とした用水系では，計画性をもった供給主導の管理が定着してきたが，パイプラインの導入に伴い，上水道と同じような自由利用の要求が芽生え，勝手な水使用や掛け流しにより管の破裂等の事故を頻発させる場合が多い。水源容量の余裕，施設コストとのからみで，自由度をもった施設計画とすることも考えられるが，一般的には系統

別・ブロック別に区分された領域内での話し合いによる自由利用に留まるようである。畑地では，末端散布の自動化を行う場合は，いわば，強制的なローテーション制であり，多作物が混植される普通畑では自由利用の要求が優先し自動化が難しい。ローテーション制が崩れた畑地灌漑では，水田パイプラインと同様の問題が生じ，定流量弁等を挿入してブロック単位の流量規制を行わないと，配水組織全体に影響が及び，致命的なトラブルを頻発させる結果を招く。

⑧ 出役労務賃金の評価基準：受益農家が，水利施設の管理運営に平等に参加できる場合は問題が少ないが，兼業等で労務負担のできない農家が多くなってくると，出役労務に係る賃金の評価が立場により変わってくる。しかも，単純労働中心から，やや専門技術のウエイトの大きい業務への参画には相当な配慮を要する。

⑨ 開水路周辺の防護柵設置等，安全対策の問題：水辺環境の再生等の視点から機能至上主義の水路施設に対する批判と反省の動きが出てきているが，水利施設管理の現場では，むしろ児童等の転落事故防止のための防護柵の強化，暗渠化等，水との隔離の要請が根強い。

⑩ 事業主体（国・県等）と管理主体（土地改良区等）との協力・支援体制，管理費用補助制度の確立：事業計画の立案段階から事業主体と管理主体との密接な協力・連携が必要であるが，管理段階についても技術面・資金面の支援の要望が多い。

⑪ 上水道等の他水利事業との共用部分の管理体制：農業用水ではピーク期以外は，水管理制御を大幅に簡略化できるが，上水道では年間通水で管理のレベルも異なるため，共用部分の管理は上水道側に全面委託するケースが多い。しかしピーク期権利水量の割合による負担のため管理経費の分担分が過大になり，対応に苦慮している例がある。

⑫ 幹支線の制御弁のほか末端弁までを含めた統合管理の功罪：取水工地点の総合管理所から地区内全域の末端弁の制御を統合管理できる仕組みとした場合，実際の散水作業にはローテーションブロックごとに役員が出て，散水状況の監視や管理所との連絡に当たるが，二重手間になるため現場操作盤に切り替えてローテーションブロックごとに制御する方法が定着した。全く無人でのめくら運転は不安なためである。

⑬ 注入薬液量節減方策及び未回収農薬による環境汚染防止対策：農薬等の混入資材費の節減と環境汚染防止の観点から，作業終了後の配管内の残液量をできるだけ少なくするとともに，最終残液を回収し処理するシステムが整備されてきた。しかし，コスト計算では施設をできるだけコンパクトにし，残液を圃場に放出・廃棄する方法が最

も安価となり，環境汚染防止の立場との調整に問題が残された。

⑭　管理制御情報，異常情報の確実な把握：管理の基本は，関連情報の正確かつ迅速な把握に始まるが，水路構造により，水位でおさえるか，水量をとるか，捕捉率をどれ位にするか等，問題が多い。特に事故情報をどうやって検出し，システムの暴走回避に結びつけるかは，解決されずに残されている。

⑮　通年通水に伴う基幹施設の保守管理：他種水利との共同事業や，施設栽培団地を含む事業では，年間を通じての通水が必要となるため，非灌漑期に行っていた水路及び付帯施設の保守管理に困難を来すケースが多い。

その他，以下の問題点が明らかになった。

①　装置・機種の選定理由：地区により様々で，近隣の実施地区の状況を調査する等により検討し，決定しているようであるが，客観的な選定の尺度を求める声が多い。

②　制御系に取り入れた諸機能の採択理由：類似事例等を参考に決めているが，本当に必要な機能かどうかの判断材料がないため，とかく過剰装備の施設になり易い。

③　新鋭装置等の保証期間後のアフターサービス：一般に電気的な装置・機器の保証期間は１～２年間，部品の在庫期間は５～７年間程度となっているが，事業が予算の都合等で延伸すると，フル稼働による通水・制御テストができないまま期間切れになる。極端な場合は，制御装置を設置後，全く使用しない内に電気系統の（湿気等による）劣化が生じ，修理部品の調達にも難儀をした例がある。

④　幹線系・末端系の管理体制・管理システムの連携動作：末端圃場レベルの自動化システムは，農業用としての特有の条件を踏まえて開発された，かなり特殊なシステムの場合が多い。これに対して幹線系のシステムは，他分野と共通の通信制御システムが取り入れられるため，予めよく連携をとっておかないと，幹線系と末端系との結合ができなくなる。メーカー主導で導入したシステムで陥り易い問題である。

⑤　安定水源の確保と調整池容量の増強：畑地灌漑では，計画時点で設定した用水量を下回る場合が多いが，時期・時間の集中により，見かけ上の水不足を来すケースが多い。末端弁の操作を受益農家の任意操作とした場合に起きやすく，凍霜害防止・潮風害防止のための散水でも同様な現象を示す。施設全体の組織容量を拡充するとコスト負担が過大になるが，ファームポンドの増設，特定配水路線の複線化・管網化，緊急時用の移動式加圧ポンプ等により，要求に応えている例がある。

⑥　使用頻度が低い施設の保守管理：日常的な管理が不十分になりがちで，不定期に突

然に使用するため，故障が続出し対応に困難を来している例が多い。

⑦　ポンプ揚水・加圧を主体とする地区のエネルギー費節減方策：ピーク期用水量を対象とするポンプ揚水・加圧計画では，受電設備・契約電力料の負担が大きくなるが，負担に見合った使用が当初から行われるケースは少ない。ポンプ設備を小規模な場合でも２セット，大規模な機場では数セットに分け，末端の整備と使用状況に合わせて逐次増設する方式が現実的のようである。

かなり頻繁に施設を利用している地区でも，契約量に基づく基本料と実際の使用電力料とが同額程度とみられる場合が多い。筆者の試算によれば，ほとんどの畑地灌漑地区で，計画最大用水量の２０～３０％相当量を電動ポンプの設備容量とし，残りの７０～８０％相当水量をディーゼルエンジン・ポンプでまかなうのが経済的には有利のようである。

⑧　監視・制御・表示相互間の内容・精度の調和：装備内容を資料によりみると，精粗のバランスは，必ずしも十分に考慮されていない場合が多い。精度が多少粗くても，大枠の動きを把握しようとする場合と，分水精度，特にその絶対値を問題にし制御に用いる場合とではセンサー・制御バルブ・表示方法の選択が異なるべきであろう。

⑨　水利用の効率化，水管理労力の省力化に対する評価：地区により評価が分かれ，その原因も必ずしも一様でない。電磁リレーとタイマーを組み合わせただけの初歩的なシステムを十分満足して使い続けている地区がある一方，性能及び経済性にすぐれたシステムを導入した地区での利用が進展しない例がある。受け入れ体制や受益農家側の意欲にも差があり，こうした現地の事情に適合したシステムの選択・導入が必要と考えられる。

⑩　水利施設・水管理施設への許容投資水準：ほとんど有意の資料が得られていない。ここでも，当該地域の農業の将来志向により設備投資の許容範囲が変わり，強気の判断と弱気の判断とで大幅の開きが出てくるためである。

⑪　事業上の営農計画と実際の営農との差異：水田及び樹園地に比べ，普通畑及び蔬菜地帯では計画と実際との差異が大きいため，同じ地区内で計画を上回る施設利用により水利用の効果を得ているものと，ほとんど利用されないまま放置されているものとがあり，営農意欲の差とも合わせて農家の格差を増大させる傾向を示す。

⑫　施設整備の高度化への願望と営農の将来像への不安：多額の負債を後世代に残すことへの不安から，営農体質の抜本的改善の意欲はありながら，施設整備に意思統一で

きない地区が多い。

2．1．5．調査結果の考察

この調査は，水管理施設に関する計画・設計の技術指針策定を目的とし，全国の国営・県営を主体とする農業水利事業地区の内，水管理のための施設を備えているものを，ほぼ網羅的に調べたもので，調査の規模・範囲・内容とも広汎・多岐で詳細な資料を収集できた。書式を定めて全貌を把握する調査，特定の事項についての詳細な調査，更に担当委員が立ち会った現地試験等を組合せ，水管理施設の実態と問題点を徹底的に洗い出した点で画期的な調査であった。

収集された水管理施設には旧来の手動に近いものから，新鋭の集中監視制御システムまで含まれ，個別機器の現象面にとらわれた調査内容のものもあったが，結果は前節で集約したように共通の問題点が浮き彫りにされた。

ただし水管理の問題は，広くとれば水資源の管理・利用の問題から圃場での水利用・栽培管理技術，農家経済・経営管理の問題まで含まれるが，この調査では水管理施設の計画・設計の方向付けに主眼をおいたため，これらの周辺課題は与件として必要な範囲にとどめた。また，水管理・運用には水利施設本体の水理・構造の問題を抜きにした論議はできないが，ダム・頭首工・水路工等の基幹施設の土木工学的問題に深入りし過ぎると，それ自体に多くの課題があって主題から外れる恐れがあるため，水管理操作との関わり合いの場面に限定して取り扱った。

膨大な調査資料の全容は，要約したものでも４００ページ近く，これらの資料は今後とも様々な場面で活用できる内容を含んでいるが，ここでは本論文の主題につながる問題に絞り整理しておきたい。

① 水利施設，水管理施設及び水管理組織は，それぞれに階層構造をもった構成となっているが，これら施設・組織の統廃合の歴史的経緯もあって，必ずしも整合していない場合がある。これが期待したほどの省力化を実現できない原因にもなっている。

② 潜在的な水不足，とりわけ水需要構造の変化に伴う水使用の時期的・時間的集中による水不足は，パイプライン化等の水利施設の改善によって顕在化する傾向があり，水管理機能に過大の負担をもたらす場合がある。農業水利施設の特質，従量制負担を前提とする上水道との本質的な違いを明かにし，それ以上の利便性は高負担を伴うことを関係者によく理解してもらう必要がある。

③　水管理施設の整備，大幅な自動化の導入により，水管理運用の労力負担は軽減される反面，水利組合等の役員・操作管理責任者の負担が増大し，一般受益者は単なるユーザーとして二つの層に分離し，水管理への参加意識が希薄になっていく傾向がある。地域的な共同施設・互助組織としての伝統の上に新たな態勢づくりが必要である。

④　水管理施設・水管理システムも，諸産業分野で普及・定着した管理・制御システムと本質的な違いは無いが，施設化・装置化の面積的広がり（対象が分散的）と使用環境の苛酷さ（野外の温湿度条件等）並びに保守管理態勢の制約（操作管理員の技術レベル等）などから，安易に取り組んだ地区では予想外のトラブルの続出に苦しむ場合がある。使用環境等の条件を十分に加味した施設・装置とし，装備内容を必要範囲に簡潔に絞り込んでコストアップに対処する姿勢が要求される。

⑤　土木的施設，機械的装置・機器並びにこれらを操作する管理制御システムには，それぞれに故障がついて回る。工法・材料による水路等の破損，天災等の外的要因による施設・機器の破壊，あるいは故意または不慮の誤操作など，さまざまな原因による事故が発生した場合，旧来の（原始的な）施設ほど発見も修復も早い。しかし，高度に装置化された施設では，当然，人による監視の網も粗くなり，ごく些細な事故をきっかけにシステムが暴走し，取り返しのつかない事故に拡大する危険性を背負っている。水管理施設に大幅な自動化を導入した調査地区の内，少なからぬ数の事故例が記録され，その中でも数例は致命的なトラブルとして報告されている。

水管理システムとして水利用の効率化・省力化をめざすには，こうした不測の事態に対する安全対策が不可欠の条件と考えられる。

⑥　水利施設のトラブルには，前項のような施設・機器の破損・故障に起因するもののほか，特定のブロックまたは特定の末端給水栓における計画量を大幅に上回る水使用によっても発生する。ポンプ送水パイプライン系における稼働時間外の水使用，ローテーション・ルールを無視した水使用も同様に問題となる。

こうした問題に対処し，事故・災害を最小限に止めるためには，システムを安全な状態に停止させる（フェイルセーフ），または故障部分を切り放して本体の安全を図る（フェイルソフト）仕組みが必要である。こうした仕組みは，水利施設の土木的構造による方法または制御システムに組み込む方法が考えられるが，簡易で確実な作動を保証できることが大切である。

⑦　水管理施設の整備に伴う施設コスト並びに維持管理コストの増大を問題とする事例

が少なくない。施設の計画・設計にあたり節減の対象を明確にし，計画・設計担当者と受益者との間で合意を得ておくことが大切である。水管理の労力節減を第一とするか，水資源の節減，水利施設及び水管理施設の工事費の節減，整備後の経常運営経費の節減をめざすのかによって，計画目標及び評価が変わってくるからである。

⑧　農業用水の望ましい管理は，装置化・システム化された水管理制御施設だけで達成できるものではなく，水利施設，各種機械施設及びこれらを操作管理する運営組織との調和によってのみ成立するものと考えられる。

このことは，以下の節で取り上げる例のように，基幹的な水利施設の整備終了後に，これらの施設の水管理操作上の不都合を制御施設の機能で補うことが極めて困難な現実からも，うかがい知ることができる。

2．2．農業用パイプラインの問題点

農業水利分野におけるパイプラインの歴史は，上水道のそれに比べてはるかに短く，農業用用排水路全体に占める割合は未だ必ずしも高いとは言えないが，近年の普及の伸びはめざましく，全国的な広がりをもって，しかも極めて大規模な管水路施設が計画・実施されるようになってきた。

パイプラインの採用の動機には，畑地の散水灌漑における加圧水の利用のほか，水路用地確保の問題とか，大型耕作機械の走行の便，水質汚濁防止等，水路を地中に埋設することの利点が先ず強調され，次いで複雑な地形を克服し送配水の合理化・効率化を実現できることの機能性が認識され，普及の条件が整ったようである。特に最近は，パイプラインの組織的運用管理による水とエネルギーの効率的利用と需給条件の変動に対する適応性が強く求められ，また省力的管理の必要性もあって重装備の施設が多くなっている。

技術的には，初期段階の上水道等における先行技術の導入から，計画・設計・施工・管理の実施経験を踏まえて問題点が整理され，農業用水独自のパイプライン技術として体系化の段階に入っている。

筆者も参画したパイプラインの設計基準（第１次，昭和・４８．３．）は，事業の伸展に伴う現場からの強い要請を背景に急ぎ制定されたもので，独自の研究に基づく技術の体系化が十分でなく，とりわけ設計の基本理念の欠如は否定できない。しかし，この基準の制定により急速に基本技術が普及・定着し，パイプラインの計画・設計・施工の技術水準の向上に大きな役割を果たしたものと考えられる。その後，事業を進める中で基準に対す

る多くの問題指摘がなされ，特に重要かつ緊急を要する事項を中心に改定（昭和．５２．１０．）が行われた。第１次の場合に比べて根拠となる筆者ら自身の研究技術データの蓄積もあって論議が深まり，問題整理がなされて数歩前進した内容のものとなった。ただし，基準としての性格上，施工実績に基づく実証データが重視され，変動要因の多い問題も割り切って画一化せざるを得ない点が多く，逆に，重要な問題に関わる貴重な理論的・実験的成果でも統一見解として整理のつかないものは規定から外すなど，内容・構成に制約がある。学術論文との本質的な違いである。[41)42)]

こうして，パイプラインの設計基準が整備され，各地で新しい施設が次々に誕生しているが，今なお，かなり問題を含んだ事例が少なくない。試験研究によって明らかにされ，提案される解析手法や工法が現場技術として定着するには相当の時間を要し，安全性の見地から必要以上の装置・機器を導入した過剰装備の施設，経済的な制約が招いた欠陥施設等，まだ技術に対する誤解も多いようである。設計基準により技術を一定水準以上に引き上げるとともに，それぞれの地区に固有の問題・制約条件等の上に立った創意工夫と努力の積み重ねにより技術が進歩するものであることを筆者は強調してきた。[43)]

農業用パイプラインにおいても，施設の計画・設計・施工にかかる個別技術は，上水道等におけるものと本質的に異なるものではないが，筆者は多数の事業実施地区の調査から，以下の諸点を農業用に特有の問題点として指摘しておきたい。

a．施設の計画容量

上水道計画では，一般に１０年後を想定し，計画給水人口の変動（増加）を見込んで施設容量に余裕をもたせておくのが普通であり，管種に固有の流量係数を定めこれを低めに抑えている点も，結果的に容量の余裕につながっている。

農業用水の場合，末端用水量の積み上げにもとづく計画用水量が管路の通水容量となり，さらに会計検査等でのぎりぎりの論議を経て，不確定要素の多い流量係数もほぼ平均的なレベルに設定されているなど，ゆとりの少ない施設計画となる問題を抱えている。水需要パターンの変動等，計画時点では予想の難しい将来の変化に対する柔軟性をどう確保するかの方策の工夫が必要である。

b．用水の使用形態

上水道における水使用は，朝晩のピークなど，１日の需要変動・年間の需要動向がほぼ定型化し，これが送水側の予測制御を可能にしている。農業用水では，日用水量の見積りはできるものの，その使用パターンは作物とその栽培方式により，また社会経済情勢の変

化にからむ営農労力事情によって微妙に変化する。特に最近は，特定の曜日・時間帯に集中し，かつ自由な水使用を求める傾向が強い。従量制の料金体系の定めがなく，末端給水栓の単位容量が上水道に比べて格段に大きい農業用水において，自由利用の保証は大きな負担であり，施設計画及びその管理について十分な検討を要する。

現実には，ピーク水使用時期について輪番制を導入した送配水管理が行われ，一定の規制を課すことで対応するが，むしろピーク期以外の断続的使用の場合に，パイプラインの安全性に影響を及ぼすような異常流況を生ずることがあるので注意する必要がある。起伏の多い路線の凸部で空洞を生ずるとか，急勾配路線の末端付近で過大な水圧が残留する等の問題がそれである。

計画・設計時に，いろいろな水使用形態を想定し，これに基づく流況をシミュレーション等により解明するとともに，設定した範囲内に確実に水使用を規制できる施設（定流量弁，定圧弁，過流量遮断弁等）を組み込んだ構造とする配慮も必要である。

c．空気吸入とその排除

パイプラインに多量の空気が吸入されると，しばしば致命的なトラブルの原因となるが，農業用のパイプラインでは上水道に比べて空気吸入の機会がはるかに多く，そのための事故も多発している。空気吸入を生じない（生じにくい）施設とする設計上の配慮が大切であるが，吸入した空気を速やかに，かつ安全に排除する大容量の空気弁の配置について十分な検討が必要である。

末端バルブの操作について教育と監視を強化し，送水量を超える使用により管内の水を抜き去ることのないようにする事が原則であるが，末端利用者にこれを徹底するには時間を要し，農業用水施設にこうした対応を求めることはできないと考えて，予めブレーカー（過流量遮断弁）を配置する等の施設構成上の配慮が必要である。

d．砂・ごみ等の異物混入対策

農業用のパイプラインでは，砂・ごみ・昆虫・水藻類の流入によるトラブルが少なくない。処理・滅菌された上水道では想像もできない問題であるが，特に畑地の散水灌漑施設では事故原因の多数を占めている。除塵施設に留意し，管内にはできるだけ異物を混入させないような配慮を要するが，また施設構成面でも，こうした実態を前提に，タフでごみ等の影響を受けにくい独自の構造をもった施設・機器を開発する必要がある。

e．保守管理体制

農業用水の分野では，全線にわたって専門技術者による一貫した管理体制を敷くことは

難しい場合が多く，保守管理が粗放となる傾向は否定できない。今後は，管理体制の充実強化を図り，長期にわたる施設の安全な使用に向けた努力が必要であるが，施設の計画設計上は，保守管理が容易で異常時の対応手順が分かりやすく，間違っても安全側に作動するような機能をもった施設構成とする配慮が望まれる。

2．3．水理特性からみた設計上の課題

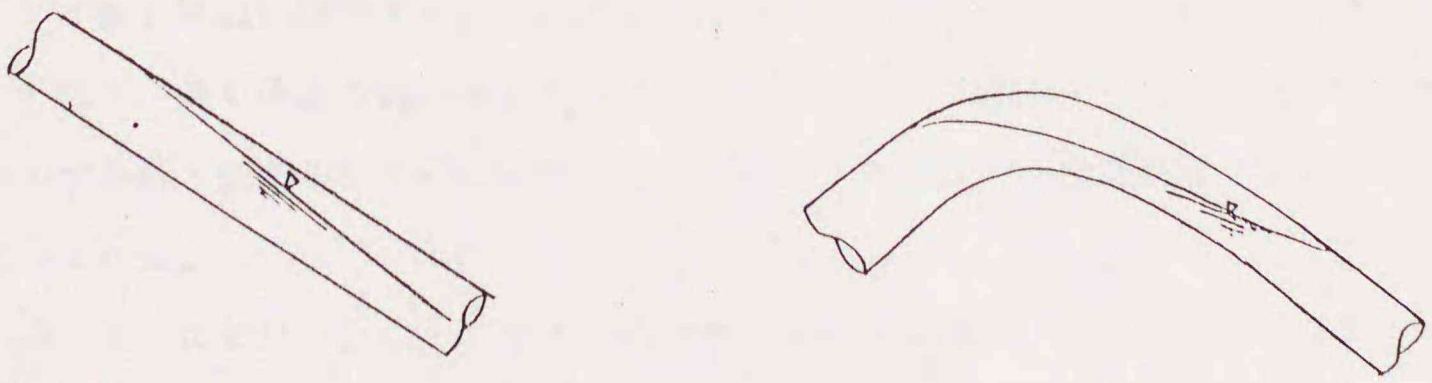
a．一般的な水理特性

農業用水路施設は，古くから開水路を中心とした技術的蓄積があり，また，現在実施中の事業の中には開水路とした当初計画を実施設計段階でパイプラインに変更したものが多い。このため，施設の全体構想が「開水路的」で，水路形式を管水路に変えただけのものが少なくない。開水路と管水路とは，水理学的な類似点が多いが，機能・操作管理等，利用の立場からみると全く異質な面が少なくない。こうした点が原因となって，思いもよらぬ支障……時には回復不能の……をもたらす場合があるので注意を要する。

例えば，

① 管水路の通気施設：　パイプを使った水路が，常に管水路としての正常な流況となる保証はない。しかし，パイプラインの流れは内部を見る機会が無く，計算が単純なだけに安易に取り扱い見過ごされやすい問題である。

図－1　において，(1)は急勾配の下降管路の末端付近で末端開放（バルブ全開）にした場合によく見られる流況で，水脈が管の上面から離れた円形断面開水路の流れを示す。このような場合に，末端バルブを急速に閉じると水表面の空気が封じ込められて圧縮され，いわゆるエアハンマーを生ずることがあり，極端な場合には一瞬にして管の冠頂部を吹き飛ばす。



(1)　急コウ配管路の末端付近　　(2)　路線中の凸部

図－1　管水路における特殊な流況

このような危険な流況が予想される時は，円形断面の開水路流れを想定し，通常の管水路としての水理計算のほかに，粗度係数を低く見込んだ射流開水路の水面追跡を併せ行うことで，水脈剝離の可能性の有無及びその場所を概略求めることができる。

しかし，こうした流況を生じさせない（生じにくい）水理設計とすることが大切であり，下流に向かって絞られた断面配分とするとともに，流量調節を末端バルブで行う需要主導制御の原則を徹底する必要がある。

図－1　の(2) は起伏の多い路線の凸部でしばしば見られる流況で，局部的に水脈剝離を生じ，一定区間が閉じた開水路状の流れとなる。見かけ上は同じであるが，この開水路状の流れの区間が加圧状態の場合と負圧状態の場合とがある。前者は管水路に混入した空気，または水中から分離した空気が，逃げ場を失って凸部に残留・水封されたもので，空気弁による「排気」を十分に行う必要がある。空気塊の肥大とともに流路が狭搾されて流量が減り，やがて流路が遮断される。空気による流路遮断の経緯を知らずにポンプ加圧を続けると，圧密された空気塊が押し流されて出口付近に達して急膨張し，巨大な破壊圧をもたらす。

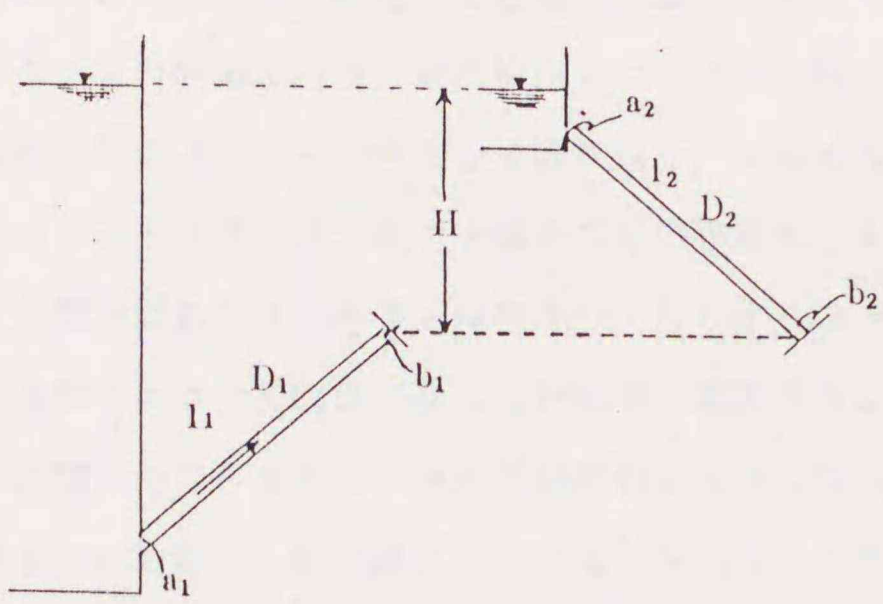
図－1　の(2) で供給量に対して過大の末端取水を行った場合は負圧状態となり，通気施設から空気を吸引して (1)の流況に変わる。通気が完全でないと，外圧との合成応力によって管の圧潰の危険を生ずる。

こうして，パイプラインでは路線の起伏と流量・圧力のバランスによって，空気の吸入・排気を行う特性をもつが，そのメカニズムが十分に解明されていないため，通気施設の不備，または保守管理不十分による事故が多数経験されている。

② 加圧流と負圧流：　開水路の流れは，重力の支配下で水面勾配を形成して流下するのが常態で，射流区間などで局所的に高い所に向かって流れることがあっても，全体として低い地点に流下することに変わりはない。パイプラインにおいても，エネルギー的には，高い所から低い所に向かって流れる点で開水路と全く同じであるが，地形的には高所・低所のいずれに向かっても流れ，これが管水路施設利用のメリットともなっている。

図－2　において，パイプラインの口径・延長・全水頭が同一ならば，計算上の流量は同じである。左側は，下流に向かって押し出していく「加圧流」であるのに対して，右側は流路区間の落差が支配的で，下流側からの引っ張り力の働いた「負圧流」であり，内部の流況及びこれに伴う問題点が異なる。

ポンプ揚水の場合は図の左側に相当し，最大流量の圧送時に路線中各点の管内圧が最大で，急激に送水を止めた場合の水撃圧の最大値は始点 a_1 に生じ，これは反射波による。図の右側は傾斜地の配水槽方式のパイプラインにごく一般的にみられるパターンで，流れを形成する主要因は管水路区間の落差である。このため，流量が少なくなるほど上下流の圧力差が大きくなり，止水時に末端の b_2 点の圧力は最大となる。水撃圧も末端の b_2 点で最大となる。



図－2　パイプラインのパターン

加圧送水では管水路路線中の全ての地点で流量制御が可能であるが，負圧送水のパイプラインでは最下流地点でしか制御できない。下流側での水使用の意向を無視して上流地点で流量を規制した場合は，管水路中に負圧・空洞区間を生じ，または空気を吸入して非常に不安定な流況を呈する。このことが，パイプラインの制御システム計画上の重要な規定要素になる。

③　施設容量の余裕の確保：　開水路施設では施設の保安上考慮される余裕高が，結果として通水容量の余裕につながっている。パイプラインの場合は，こうした余裕を見込む余地が少なく，流量係数をあまりにも厳密にとることは将来に問題を残すことになる恐れがある。流量係数（または粗度係数）は管種に固有の絶対値ではなく，口径・流速に対応する相対値であることが知られているが，公共事業を対象とする設計基準では，同一管種・同一流量での同一口径・同一工費といった感覚での画一化が求められる。設計基準における流量係数「C」の標準値は，その管種の主たる使用口径，一般的な設計流速の範囲を想定した場合の平均的な値であって下限値ではない。常に

最大流量を通水するわけではないが，路線中の各地点に設けた弁類によって流量，圧力の任意調整ができることを前提とするならば，実際の設計にはCの標準値を１０～２０％割り引いて適用すべきであると考えている。[44]

④ 流況の応答特性： パイプラインにおける流況の応答特性は，開水路に比べて一般にはるかに早く，バルブ操作等による圧力変動は毎秒数百～千数百mの速度で伝達される。しかし，水の慣性力のため，操作後に流れが安定するまでには若干の時間を要し，管路延長が大きいときはこの区間を往復する過度的流況がかなり長く続く。このため，パイプラインの制御に当り，流況検出とバルブ等の操作の時間関係を適切に定めないと，過剰操作によるオーバーランを繰り返し，いわゆるハンチング現象を起こす。また，ポンプの吸水槽・吐水槽や中継水槽等の容量が小さいときは，通水開始または停止時に水槽が溢れたり，あるいは底をついたりすることがある。一定流量を連続通水している限りには全く問題にならない流況の応答特性が，実際の操作に伴って極めて厄介な問題につながるので，予め流況解析を十分に行っておく必要がある。

⑤ 送配水・分水の不均衡： 開水路に比べて用水が均等・公平に配分できることがパイプラインの特長の一つとされている。これは一面の真実ではあるが，大きな誤解を生み無理な操作の原因にもなっている。計画上は各分水工で所定の分水量を満足し，かつ各末端給水栓の吐出量を充足するように管水路条件が定められる。しかし，実際には（当然のことながら），その地点の圧力条件によって流量が定まり，圧力の高い地点での吐出量は大きい。一部にでも計画値を上回る分水・給水が生じれば，全流量の制約の中で，他の地点で計画量を満足できなくなるのは当然である。全ての地点の流量を計画値に一致させた時，はじめて均等公平な配分が実現できるが，これは実際には起こり得ない架空の条件設定でもある。それにも関わらず，配管設計終了後に，改めて全バルブ開放の条件で現実の給水量をチェックした例は少ない。均等・公平な配分といっても，開水路における上流優位の特性が，パイプラインでは高圧部有利に変わったものと解すべきであり，その改善は的確な状況判断に基づく適切な制御にかかっていると考えられる。[45]

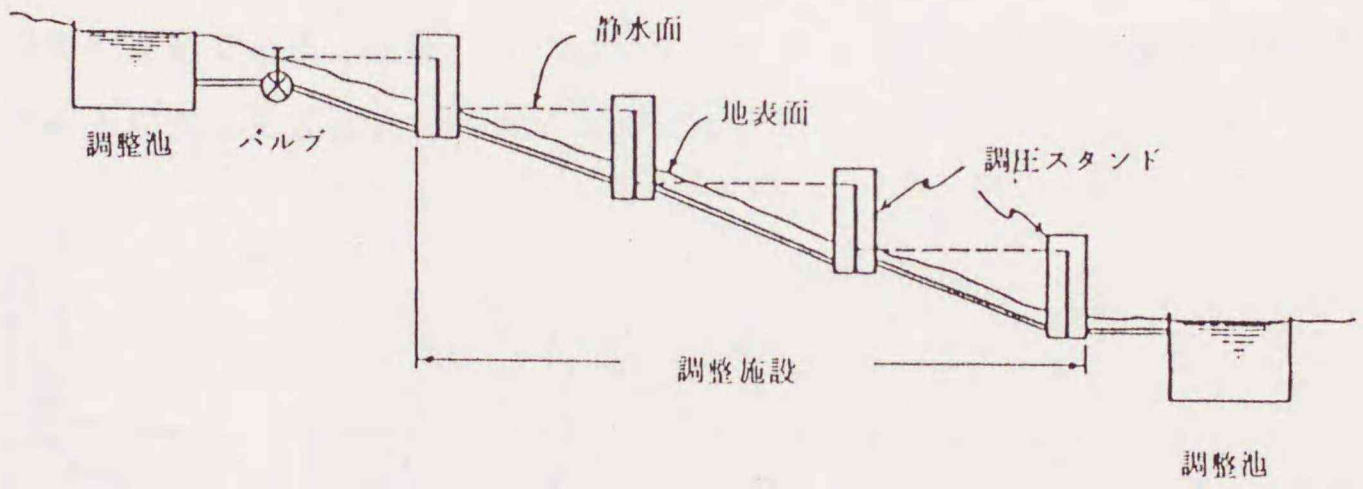
b．パイプラインの形式と水理特性

パイプラインにおいては，管内に空気が入り込むと重大な事故原因になり，施設操作上も問題が多いので，空気混入には十分な注意が必要である。特に，自然圧方式のパイプラ

インの上流区間で，下流側の水使用の意向を無視した流量規制を行ったりすると，空気を吸入する結果を招くので，このような操作は絶対に避けなければならない。ポンプ揚水・圧送方式の場合でも，程度の差はあるが状況は同じである。このことは，パイプラインによる送配水システムが，本質的に末端中心，需要主導の水利用方式になじむ水路形式であることを意味する。

開水路の場合は，上流側のゲート操作により，下流側・末端側は与えられた流量の範囲内で取水するほかない。結果として，中央集権的かつ供給主導の水利システムとなり，パイプラインの場合と好対照をなす。

このような水路形式に根ざす運用操作上の制約は，特に水源条件が厳しく供給規制を必要とする場合に問題である。従量制の料金体系のない農業用水において，末端給水栓の厳密な管理が期待できない実態からみて，供給側が主体的な調整能力を欠く水利システムは，一面きわめて不都合な問題を抱えることになる。

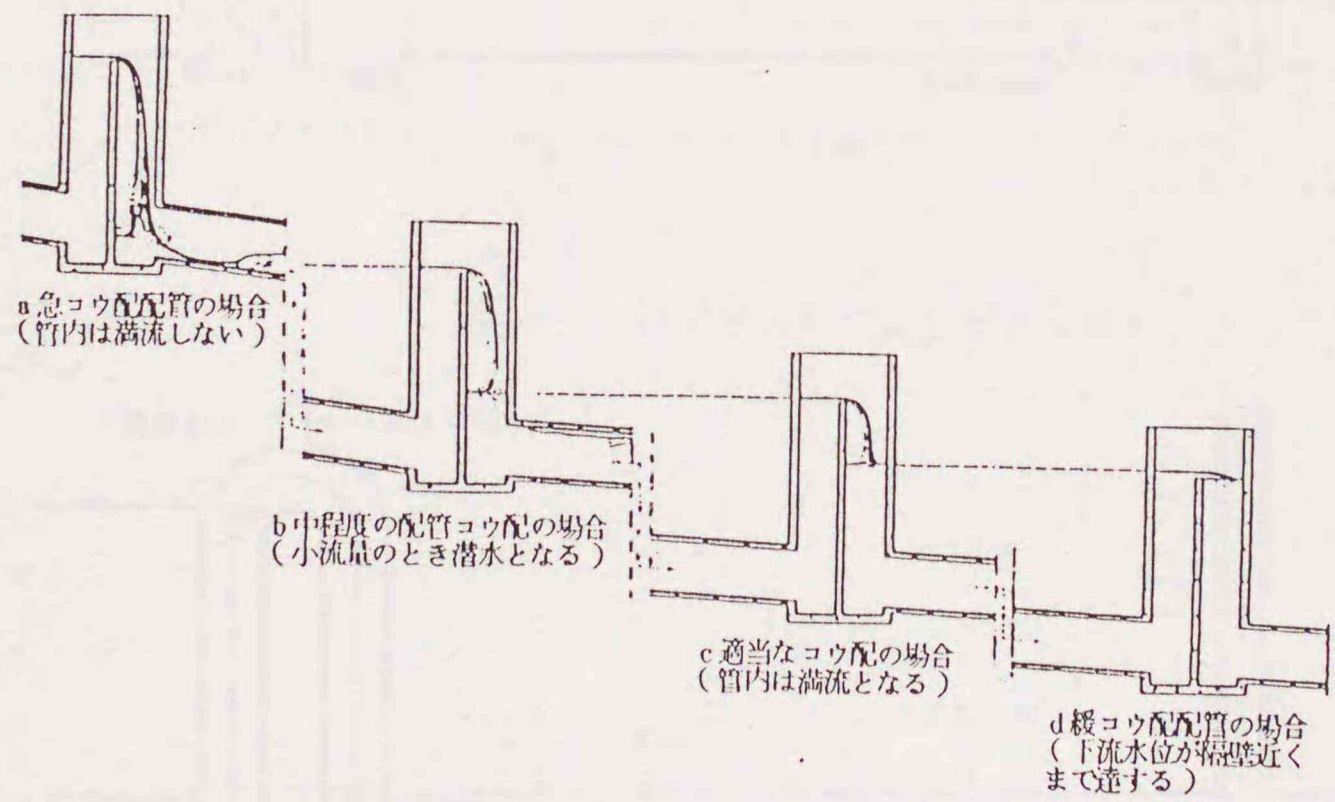


図－3　オープンタイプパイプライン模式図

オープンタイプのパイプラインは，こうした運用操作上の不都合の解消と，パイプラインの有利性の両立を求めた折衷形式とみることができる。図－3　において，調圧スタンドとその下流の調圧スタンドとは埋設管水路で結ばれ，その限りでは区間ごとのパイプラインである。しかし，上流調整池から下流調整池の全線を通してみると，逆サイホンを連続させた開水路の性格をもつ。流量規制は上流側で行うことができる。上流で水供給を止めた時に，下流で取水しようとしても，調圧スタンドの隔壁によって遮断され水は動かない。水圧は調圧スタンドの配置間隔（設計落差）によって確実に規制され，高圧規格の管種の使用を必要とせず，したがって資材費が節減できる。ただし，開水路に準ずる水理特

性から，下流側での水使用の意思と無関係に，上流からの供給が続くかぎり水は流れ続け，水を止める手段がないため，無効放流損失が多くなる事態は避けられない。

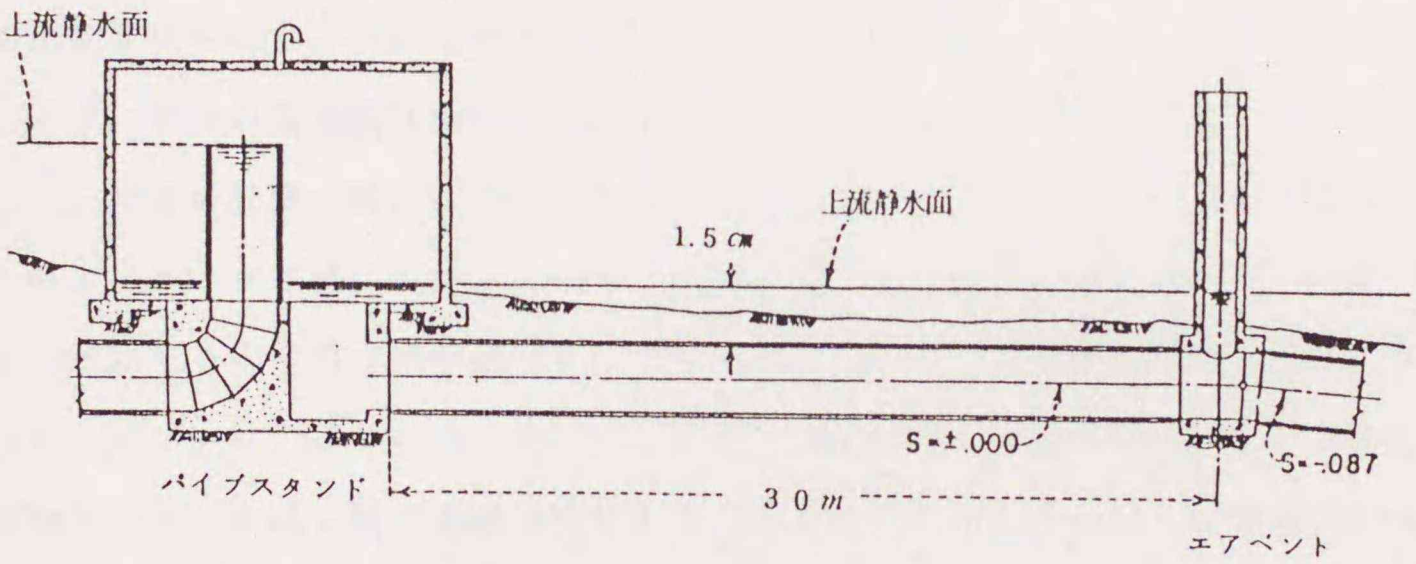
オープンタイプのパイプラインは，その構造と水理特性から，本来は途中に分水工をもたない幹線送水系に適したタイプであるが，調圧スタンドを利用した分水が可能なため，分水スタンドとも呼ばれている。ただし，この場合は隔壁の直下流で分水するのが，このタイプの特性を活かした方法であり，わが国で一般化してきた隔壁の上流側，あるいは上下流スタンドの中間点からのバルブを使った分水は，むしろ特殊な用法であると筆者は考えている。分水を必要とするときは，幹線送水と全く同様に，調圧スタンドを配置し，設定条件のもとに取水位・止水位を確保できるようにする必要がある。バルブ操作による取水を組み入れることで上流制御の特性が失われ，管内に空気を持ち込む可能性が生ずるためである。オープンタイプのパイプラインは，供給主導の開水路の一変型とみなすべきであり，その範囲では採用のメリットが少なくない。なお，オープンタイプのパイプラインシステムの中核とも云うべき調圧スタンドの容量とその配置は，経験的に処理されてきたが，重要な研究課題である。最近，この種の問題に関しての試験研究が長足の進歩を示し，それらの成果の活用による技術の革新が期待される。[46)47)48)49)]



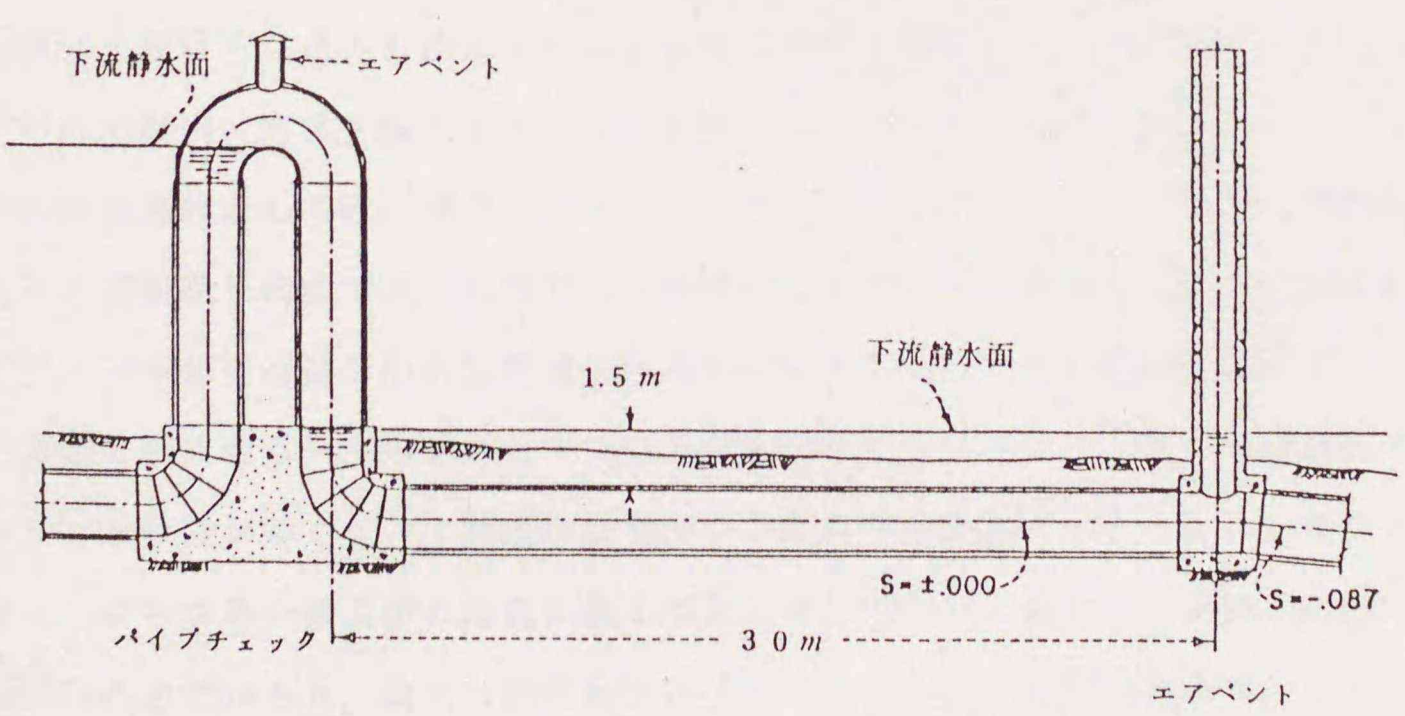
図－4　調圧スタンドの配置とその流況[50)]

図－4　において，「a」は上下流スタンドの落差が過大な場合で，水脈が射流となって管水路内に流入し満流しない。下流側が閉塞されているため，水脈に連行された空気は

行き場を失って滞留・圧縮され，断続的に上流または下流のスタンドに吹き上げ排気する。「b」は，中程度の落差を与えた場合で，計画流量の時には問題がないが，小流量の際に隔壁下流の水位が低下して空気を連行する。管水路内に封入された空気は圧縮され下流スタンドに吹き上げ，あるいは上流に逆流する結果，流れが動揺し，スタンドから噴気・溢水の現象を起こす。比較的よく見られる事例であり注意を要する。「c」は落差が適度の場合で，流況が安定し，管内は満流となる。「d」はスタンド間の落差が不足のケースで，下流水位が隔壁の頂部付近にまで達し，おぼれ堰の状態となり流量が減少する。極端な場合は水槽（スタンド）から越流を生ずることがある。損失水頭は流速の二乗に比例する。水位差の最大は計画最大流量のとき，最小水位差は最小流量時に生ずる。筆者はこうしたトラブルを避けるため，複数の流量により流況をチェックする方法を提案した。



図－5　パイプスタンドとエアベント



図－6　パイプチェックとエアベント

図－５　，図－６　の例は，機能的には前述のオープンタイプに属するが，より大規模かつ送水中心のパイプラインに向かって，安定性の確保のための工夫がなされている。

調圧スタンドはサージタンクの機能ももつ。したがって，異常圧の発生はほとんど抑えられるが，急激な流量の増減は禁物である。流れが平衡に達するまでの過渡時間内にスタンドから溢水し，あるいは底面を露出するなどの危険を伴うからである。流況のシミュレーション解析等を行って操作条件を求めることが望ましく，水面振動を許容範囲内に吸収できる程度の水槽容量を与え，かつ操作に際しては，できるだけゆっくりと流量を変化させる配慮が必要である。

セミクローズドタイプのパイプラインは，オープンタイプの開水路的特性に付随する欠点を改善しようとする試みの産物とみることができる。調圧スタンドの配置によって水圧を適正範囲内に確実に規制でき，フロートバルブによりスタンドへの流入量を調節し，用水の無効放流を防ぐことができる。オープンタイプとクローズドタイプの利点を併せ持った形式で，今後の大規模計画に適用の機会が多くなるものと思われるが，問題点を十分に把握し，施設の計画・設計に当たってその解決に努める必要がある。その第１点は，セミクローズドタイプでは，フロートバルブの機能の適否に全てがかけられている点である。長年月にわたる安定的作動の保証と，故障の際のバックアップ機能の確保が不可欠の条件である。第２点は，クローズドタイプに類似した水利用上の合理性が得られる反面，送配水制御の面では末端・需要主導の特性をもつようになり，水使用側で取水を続けるときは，供給側の計画的な配水方針は放棄して，ひたすら送水し続ける必要があり，規制の手段がない。ピーク期水需要量が供給可能量を上回り規制を課す必要がある時は，バルブスタンドに隔壁を設けるなどの方法により水位保持の条件を確保しておかないと，収支バランスがくずれて管内に空気を吸入するおそれがあるので注意する必要がある。

幹線用水施設としてみた場合，セミクローズドタイプのパイプラインでは地形に左右されずに水利組織を構成でき，末端での水需要に自ら反応して的確に送配水できるなど，パイプライン本来の特長を活かし農業の使用条件にもなじみやすい機能を備えている。一方で，組織を構成する一部のブロックでの制御動作が全体に波及し，また急傾斜地ではバルブスタンドの数が多くなって調圧の経費がかさむなどの問題も少なくない。前述のように，フロートバルブ等の機器類の性能に頼る制御には，安全性・確実性と機能の持続性を十分に確かめる必要があり，過大な期待は禁物である。しかし，水理特性の解析手法が進歩した現在，各種の調整機器の特性をも加味した事前検討により，適用の幅は広がっていくも

のと思われる。

c．パイプラインの組織構成

パイプラインは，その主体をなす管路部分のほかに，取水施設，揚水・加圧施設，配水槽，調圧施設，分水施設，通気施設，安全施設，調整池及び管理制御施設などが現地の条件に応じて的確に配置されてはじめて組織としてのパイプラインの機能が発揮される。これらの施設は，管路の構造・配置と相互に密接に関連し合うものであるが，一般に管路を主体とする一方向からの検討に終わっている場合が多い。システムとしての多面的検討が不可欠であり，相互関係を加味した往復運動によって，合理的かつ経済的なパイプラインシステムを得る努力が望まれる。

組織構成の第１段階は，用水組織における送水系と配水系の機能分担の明確化である。

送水施設は大規模計画における幹線施設であり，大容量の用水を安全・確実かつ適正に水源から分水点まで送達することが中心課題である。一般に，幹線送水では水源容量の制約などから供給側が主体性をもった計画的な送水が必要で，施設の安全確保のためには急激な流量変動のない運用操作が求められる。

配水施設は，末端圃場に用水を配分するもので，圃場に密着しているだけに，営農条件に対応したきめ細かな配水操作が要求され，需要主導で適度な水利用の自由度を確保する必要がある。

末端圃場で発生する水需要変動は不規則かつ急激であるが，配水施設での調整操作を経て平坦化し，送水施設に伝わる流量変動は長いタイムスケールのうねりに変わる。供給側の意思と需要側のそれとは，本質的に相容れない要素が多く，開水路施設では事前に末端における水使用の予定を把握した上で供給側が主体的に流量を制御し，計画的な送水管理を実現できるが，パイプラインではそれがほとんど不可能である。この相矛盾する条件の繋ぎ役として調整池が威力を発揮する。毎秒数m^3もの流量を管理する用水施設で，末端給水栓の個々の動作が，そのまま幹線送水系の流況に反応するようでは安定した管理は保証し得ない。流況変動の緩和と管理制御の余裕時間の確保のために，送配水系の機能分担の明確化とその接続部の緩衝施設としての調整池の容量・配置につき十分に検討する必要がある。[51)52)53)]

次に，施設計画の際には，用水の供給と使用の条件から綿密に利水計画を想定するが，実際の運用上は必ずしも計画・設計方針通りの使い方が守られるとは限らない。このため，

分水工を系統別に区分するとか，期別に末端給水栓の使用個数を規制するなど，勝手な水使用を制限し，計画の意図と著しくかけ離れた水の使い方に対するプロテクト機構を考えておく必要がある。筆者は，基幹的施設の安全に関わるような異常な水使用に対しては，過流量遮断機構（ヒューズ）の採用等により，ルール違反のブロックを強制的に切り離すシステムが必要と考え，その施設を試作し現地に適用した。[54]

設計基準では付帯構造物として扱っているが，これらの各種施設は管路本体と一体的なものであり，パイプラインには不可欠の構成要素である。計画・設計に当っては，巨視的な観点から問題を把握し，順次細部のつめに入る手順が大切で，設計変更の際には，その意図・経緯を明確に記録に残す配慮が望まれる。とかく形だけが残って，その施設の本来の存在の意味が薄れ，逆に，当然考慮されるべき関連施設の付加がなされなかったために，機能に欠陥を生じているパイプラインの事例があまりにも多いからである。[55]

d．パイプラインの動特性

パイプラインの流況を実測してみると，平常の使用状態でも極めて頻繁な微振動が記録される。異常圧による破損事故も，バルブの動作時間等との関係を事前にチェックしていれば防止できたと考えられるケースが少なくない。平坦な路線で，一定流量を連続的に通水するだけのパイプラインならば，水理設計も容易であるが，流量・圧力が絶えず変動する条件下で，それに的確に応答し機能するパイプラインを作り出すところに技術の妙味があり，難しさがある。

大規模なパイプラインまたは急傾斜地等での複雑な配管計画では，バルブ操作等に伴う水路系の応答特性の解析を行い，その結果によって施設の容量や配置を改善し，あるいは管理制御の方針を定めるなどの設計手順の定着が望まれる。

2．4．農業水利計画における制御の役割

パイプライン施設は，用水計画の方針に適合し，かつ圃場サイドからの水利用上の要求に応じた的確な運用操作が行われてはじめて送配水システムとしての機能が活かされる。従来は水利施設自体が素朴な構造で，人力による操作を主体に管理が行われてきたが，最近は利水形態の複雑多様化に伴って水利施設の装備が大型化・高度化し，労力事情もあって省力的管理が求められるなど，水管理制御の計画方針の転換期を迎えている。

ポンプやゲートの自動運転をはじめ，畑地灌漑にみられる末端散水の自動化，さらには

ミニコンを装備した水系の総合集中管理に至るまで，その対象と内容は多様である。行政施策，事業の実施上，また試験研究の面でも現在の最重点課題の一つであり，実態調査，計画手法開発など，各方面からの検討が続けられているところである。[56)]

a．用水施設計画と水の制御

用水施設は，水源容量あるいは水路系諸施設の経済性などの制約から，ピーク期の水使用割合を想定して施設の規模・容量を定め，用水の配分方法にも輪番制等の一定の規制を課した計画とするのが普通である。しかし，実際場面での水需要パターンは多様であり，水利用の目的，方法とか気象条件などの影響を受け，季節により，また1日の時間帯によって使用水量及び使用ブロックの分布が大きく変動する。こうした中で，水位，圧力等の流況を調整し，適切な取水と量分水を保証するのが水管理の基本であり，水管理の意思の表現手段としてバルブは用水施設に不可欠な構成要素である。

水源に余裕がある場合は，水路の設計容量の範囲内で常に水を流し続け，各分水工で必要に応じて任意に分水する計画とすることで施設とその操作を大幅に単純化することができる。古くからの開水路を主体とする農業用水施設では，こうした考え方に基礎をおいたものが多いが，少なからぬ量の用水の無効流去は避けられない。一方，水資源の乏しい地域では，末端から積み上げた需要量と供給可能量との調整に多大の労力を投入してきたが，これには公平な水配分を保証するルール作りと，分水後の末端圃場レベルでのきめ細かな水管理によって，用水の無駄もしくは不足を軽減する努力が前提となっていることに注目する必要がある。

近年，農業用水の使用形態が複雑多様化し，畑地用水などの新規需要も加わって，水利施設も大型化の傾向にあるが，水資源の逼迫から水利用の合理化の要請が強まり，より効率的な利水運用の方向付けが必要となっている。一方，農村の労力事情から，往時のような末端圃場レベルの水管理操作に多くを期待することが困難になり，送配水施設及びその管理制御システムの抜本的改善のための施策が講じられている。

用水の需給条件に応じた適切な送配水と無効放流の軽減のためには，バルブ・ゲート等の制御施設や調整池の計画的な配備が必要であり，また流況の把握とこれに基づく自動・半自動の制御システムの導入など，用水施設の装備内容も次第に高度化し，工業プラントに近い形態のものに変わりつつある。しかし，こうして高度に整備された用水施設でも，用水量そのものは必ずしも大幅に低減できないのが実態である。在来の簡易な水利施設に

おける一見ラフな水管理の中にも，有効降雨の判断とか地形を巧みに利用した反復利用など，末端圃場レベルでの緻密な利水運用に多大の労力が投入され，用水を最大限に活用する努力が払われてきたからである。

制御系の整備は，こうした圃場での作物栽培管理に密着した農業に特有な側面での労力の軽減と，さらに人力操作では不可能な緊急時の危険回避・安全確保に重点をおく必要がある。特にパイプライン形式の用水施設では流路の遮断が完全で水量損失が少なく，流況の応答性にすぐれ組織的な運用管理がしやすいなど，水管理上の利点が多いが，それだけに利水上は量的な弾力性に欠け，また制御操作が適切でないときは異常圧を生じて施設の安全をそこなうなどの問題もある。

したがって，施設計画上は，制約のある供給条件のもとで，多様に変化する末端需要側の要求にどう対応するかの基本方針を明確にすることが大切であり，圃場レベルの水管理操作の実態に適合し，かつ柔軟性をもった用水組織とする配慮が必要である。そのためには，配置すべき各種バルブの種類とその特性を十分に吟味するとともに，水路系内に調整池の流況緩衝効果を盛り込んだ計画とし，またバルブ操作をはじめとする用水施設の運用ルールを予め規定し制御フローに書き込んでおく必要がある。

b．送配水施設における制御用機器

用水施設に使用されるバルブは用途により，放流用，遮断用，制御用，その他（安全弁・逆止弁・空気弁等）に分類される。これらのバルブは，配管方式，送水方式，水利用方式等の条件に応じ，その特性に合った使い方とする配慮が大切であり，また，これらのバルブが動作した場合の水路系の圧力変動等の影響についても，事前に十分検討し，操作条件を定めておくことが必要である。

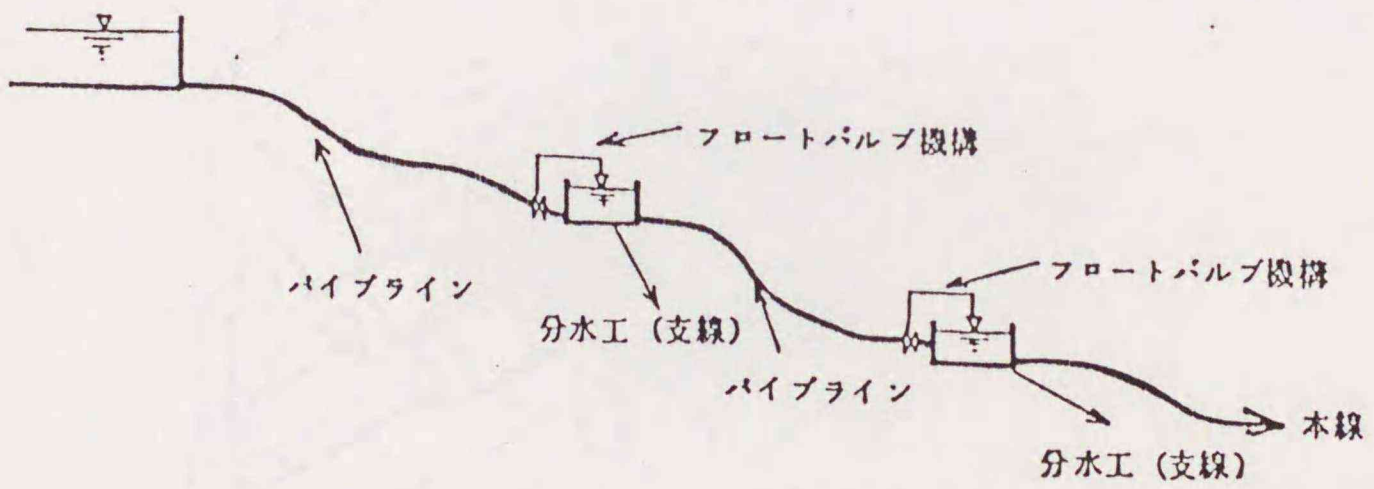
① 放流用バルブ：……ダムの放水工とか，管水路から開水路への移行部等に設置されるバルブで，高圧に耐え，任意の開度で調節放流できることが第一の条件である。ホロージェットバルブ，フィックスドコーンバルブ（ハウエルバンガーバルブ），ジェットフローゲートなどがこの用途に開発され一般に多用されている。

この種のバルブは，放流水の高圧・高速エネルギーによる下流水路への障害を軽減するため，水脈を分散させ衝撃を緩和するよう，バルブの構造に特殊な工夫がなされている。しかし，バルブ特性による減勢効果についての過大評価は禁物であり，放流部の水路構造（減勢池の規模・構造等）との関連を重視する必要がある。特に，トンネル内放流等で敷

地に制約のある場合とか，水中放流の場合などは，実施例を参考に，できるだけ余裕をもった減勢池を設けることが望ましい。理論的に，また実験的に設計条件を明示するに至っていないからである。

放流用バルブは，上流水頭と必要放流量との関係で開度を任意に設定でき，制御弁としての機能をもつ。しかし，この種のバルブは，長いタイムスケールの，大きな流量変化に対応した計画的な制御に用いるべきもので，時々刻々の需要変動に対する頻繁な微調整操作や，微小開度での連続放流は原則として避けるべきである。

② 制御用バルブ：……制御用バルブは，パイプラインの入口，末端または中間点に設け，開度調整によって管内の圧力・流量を所定の範囲内に保持する目的で使用される。したがって，開閉操作が容易で，安定して使用できる開度の範囲が広く，かつ開度に対してできるだけ直線比例的な流量特性をもった機種が望ましい。頻繁な動作が要求され，また，これに伴う流況変化の均一性が制御上の必須条件となるからである。このため，ゲートタイプのバルブは一般に制御用として適当でない。

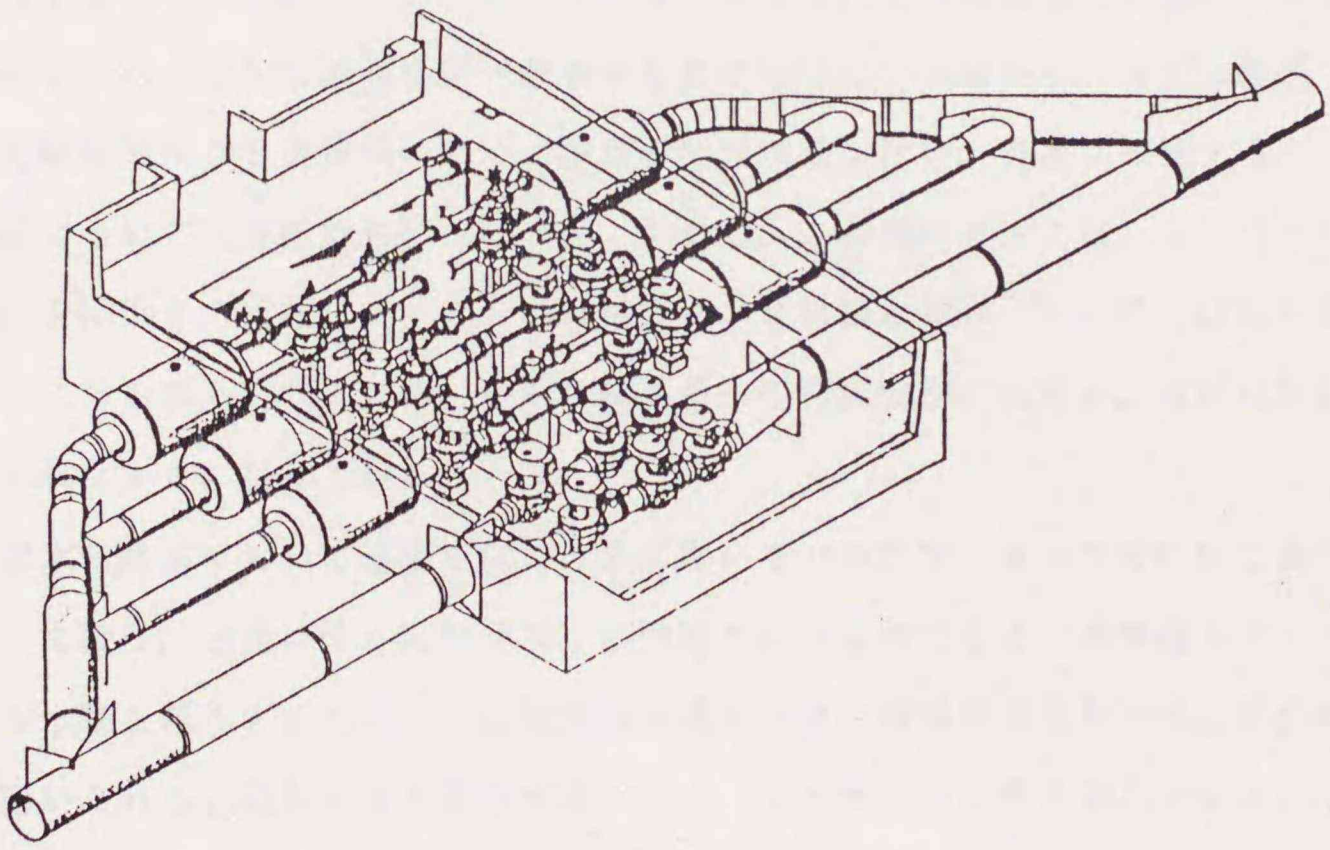


図－7　フロートバルブによる制御機構

制御用バルブには，電気・油圧等の外力によって駆動するものと，フロートまたは管内の圧力バランスで動作する（いわゆるオートバルブ）とがあり，前者ではバタフライバルブ類が最も一般に用いられている。農業用のパイプラインでは，路線上にバルブスタンドを配置し，フロートバルブによってスタンド内の水位を一定範囲に保持するセミクローズドタイプが多く用いられるようになってきた。特に，自然落差を利用した管水路系では，この形式の採用により圧力調整がほぼ完全で，構造簡易なため保守管理に手数を要しないなどの理由によるものである。ただし，この方式では，下流側の水使用の有無・多少によ

るスタンド水位の上昇・下降によってバルブが自動的に開閉し，この流況変化情報が順次上流のスタンドに伝わって流れの制御が行われるため，水利用の自由度が保証される反面，供給側の統制の余地が乏しく，計画時の施設レイアウトの適否とバルブの機械的な動作機能とに全てが支配されるきらいがある。

バルブによる制御は，計画流量の全域が制御対象になるが，現実に全開から全閉までの全領域にわたって操作可能のバルブは存在しない。程度の差はあるものの，制御に好適な流量特性を示す開度範囲は限られており，また，いずれの機種も微小開度の使用ではキャビテーションの危険を避け得ないからである。したがって，機種選定に当り，バルブの構造と特性を十分に検討するとともに，特に厳密な制御が要求される場合には，制御部の配管を2～数条に分割して制御範囲を分担し，あるいは直列に複数の制御弁を設けて調圧機能を分散するなどの工法上の工夫が必要である。



図－8　複列配管による圧力調整施設の一例[57)]

③　遮断用バルブ：……流れのON-OFF操作は用水管理の基本であり，この目的に遮断用バルブが用いられる。全開または全閉状態での使用が主体となるため，閉鎖時に完全止水できること，開放時の水頭損失が小さいことなどが必要条件である。

遮断用バルブは，管水路の始点・終点・分岐点・排泥施設などに原則として設けるほか，河川・軌道等の横断地点で事故の起きる可能性の大きい場所では，その区間の前後に設け

て事故による影響を最小限に止める計画とする。

放流用および制御用のバルブについても，重要なもの大口径のものには，その上流側に遮断弁を併設し，点検・修理に備えるのが原則とされている。

このように，遮断用のバルブには確実な止水が求められ，また，常時はほとんど使用しない施設のため，堅牢な構造で保守管理のしやすいことが大切である。小規模なものでは仕切弁（スルースバルブ）が広く用いられ，大容量・高水頭のものではバタフライ弁が多く用いられている。なお，バルブ上下流の圧力差が大きいときは，摩擦抵抗のためバルブの開閉操作が困難となるので，水頭４０m程度以上で口径４００㎜以上の仕切弁には副弁（バイパス回路）を設け，本弁の開閉に先だって副弁を操作し，上下流の水圧を均衡させる構造とする必要があるとされている。

④　安全管理用その他：……パイプラインに発生する異常流況を軽減緩和し，管水路系の安全を保持するために各種の弁類が用いられる。筆者は，これら安全管理施設・機器の重要性と，必ずしも十分な客観的検討・改善が行われていない実態から，専用に整備した試験場内の実験施設及び事業現場において多数の特性試験を行い，性能を確認するとともに数種の機種について改良指摘を行ってきた。しかし，この種のデータは，ユーザーに貴重な判断材料を提供する反面，メーカーには格好のＰＲ材料となり，また時には致命的な打撃を与えることも考えられるため，結果は関係者への資料配布にとどめ，試験成績はほとんど死蔵されたままになっている。

逆止弁：用水管路系において逆流を防ぐために用いるバルブで，ポンプの吐出し側にポンプに接近して設け，逆流に伴う施設管理上の障害を防ぐものである。高揚程ポンプでは急停止による水撃を緩和するために，緩動閉鎖機構をつけた特殊な逆止弁や油圧操作の自動逆止弁が用いられる。問題になる機会が多いため，メーカーの研究も進んでいる。

空気弁：空気弁の目的には，管内からの空気の排除と，管内への空気の供給とがある。すなわち，管内に連行された空気または水中に溶存していた空気が遊離して管内に空気塊を生ずると，有効断面を減じて通水能力を低下させ，また空気の圧縮性による異常圧現象を起こすので，管内の空気は迅速に排除する必要がある。また，管内の水を排除する際には，上流部の凸部等で部分的に管内圧力が低下し，外圧によってパイプの圧壊を生ずるおそれがある。このような場合には空気を自動的に管内に吸入させなければならない。

特に，農業用のパイプラインでは，非灌漑期の落水のほか，末端バルブ操作の不手際もあって管内を空虚にする機会が多く，また複雑な地形での圃場給水栓に向けた無理な配管

で，空気のたまりやすい路線の凸部や局所的な低圧部が多くなる。したがって，空気弁の配置及びその機能には特段の配慮が必要である。

空気弁は，①路線中の高位部（凸部），平坦部から下り勾配に移る地点など，空気のたまりやすい場所または空気を吸入しやすい場所，②水槽から管路への流入口の直下流部及び制水弁の直下流など，圧力低下を生じやすく，空気の供給を必要とする場所に設ける。③制水弁の中間部に凸部がないときは高い方の制水弁の近傍に空気弁を設け，注水作業の際に空気を抜きやすくする。④路線の起伏のない直線区間でも，延長が大きいときは，数百m程度の間隔に空気弁を設ける。

空気弁は，通水時の日常的な通気，及び注水時，排水時の急速な排気・吸気を目的とするもので，空気弁の不備による事故例が実に多い。特殊なものとして，寒冷地における冬期の空気弁凍結など，有効な対応機種が開発されているにも関わらず，上水道でも今なお同様なトラブルが続いているという。施設計画にあたり，吸排気容量を含め予め十分に検討するとともに，日常点検を行って空気弁としての機能の維持に努める必要がある。

安全弁：異常圧が生じたときに，弁に内蔵されたバランス機構がはたらいて一時的に弁が開いて放水し，水圧が設計圧まで降下すると弁が閉じる構造のものである。スプリングを内蔵した方式，バイパス回路を通じてフランジを動かす方式などがあり，設定圧で確実に作動することが条件である。ただし，この種のバルブは，あくまでも非常用であって，過大な期待は避け，全体組織の計画の中で異常圧の発生機会の少ない施設構成，異常圧を発生させないような管理操作とするのが基本である。

c．農業水利施設における制御の役割

水源容量・水路の通水能力の制約のもとで，水使用の自由度の大きい用水施設とするためには，ブロックごとに容量の大きい調整池を配置して流量変動に対する緩衝能力の大きい用水組織とする方法と，緻密な情報網とその処理技術を駆使した最適制御による方法とがある。圧力・流量等の流況検出の精度・安定性，バルブ等の制御操作機器の信頼度が向上し，情報処理・通信制御技術が高度に進歩した現在，これらの技術を積極的に導入し，用水施設をより機能的なものとする努力が必要であり，現実にその方向に進んでいる。筆者は，わが国を代表する通信制御関係７社（H,F,T,N,O,M,K）の協力を得て，国営農業水利事業のM，F両地区をモデルとする水利用と制御のシミュレーションを試み，水管理情報化の可能性について徹底的な解明を行った。その結果，電力や列車制御，化学プラントの

それに比べても，はるかに難しい不確定要因が多く，壮大な情報網・制御システムを仕組んでも現行の有人管理の域を出ないとの結論に達し，当時過当競争気味に推移した巨大メーカー主導の水管理システム熱を鎮静化させることになった。[58)59)]

水管理制御の基礎となる農業用水の使用パターンには数値化・定型化しにくい不確定の要素が多く，社会経済環境の変化に応じて田・畑・施設園芸などの土地利用も流動的で，これに伴って水使用の量とその時期・時間分布も複雑に変化する。また，末端分水工・給水栓の管理も水利用の目的・方法と使用者の個人差が伴うなどから，送配水管理に予測制御を導入することは実態としてきわめて困難である。加えて，筆者の第一の命題とする安全管理に関しても，漏水と需要増の判別すら難しく，多数の流量計・圧力計と演算回路を組んでも，計器の誤差範囲とか流況伝播速度が障害となって，高精度・高速度を誇る情報系の威力を発揮できないことが判ってきた。したがって，用水施設をバルブ等の制御に依存したタイトな組織とすることは厳に慎まなければならないと考えている。

畑地灌漑施設では，輪番制による間断灌漑を前提に，灌漑ブロックごとに調整池（ファームポンド）を設ける方法が一般化し，施設計画技術として体系化されている。この場合，末端の水使用はファームポンド単位に，その容量の範囲内で全く自由となり，幹線送水系では日用水量を２４時間連続に計画給水することで制御内容を単純化できる。水田用水施設では単位用水量が大きいため，畑地と同様の施設方式をとることは調整池容量が膨大になって難しく，また連続灌漑を前提とする利水形態の伝統もあってファームポンドを用いた施設計画は定着するに至っていない。しかし，田・畑の混在地区とか，圃場管理の都合で用水需要の日変化が著しい地区などでは，送配水系の柔軟な対応の要請が高まる傾向がある。大規模な用水施設計画では，調整池による需給変動緩和効果と精緻な流量制御とを組み合わせた方式をシミュレーション等によって検討すべきであり，これによって，調整池容量を節減し，かつバルブ制御に全面依存したタイトな組織における水管理の不安定性を解消できる。

パイプラインでは，管内への空気吸入の危険を避けるため，水使用側の意向を無視した供給側の流量規制は許されない。したがって，末端側・下流側の弁操作を起点として順次上流にいたる上流向きの系統制御が水管理の基本条件となり，結果的に需要主導型の水管理方式が適用される。水系に調整池を設けた場合，流れの連続性は断たれるが，池水位の変化を通じて流況情報が連続し，池の水面積の広がりに応じた流況の伝達時間遅れを生じ，これが結果としてバルブ操作の余裕時間となる。

このように，用水施設の一部に加えられた流況改変操作の影響は，その施設に固有の時間遅れを伴って水路系の全体に及ぶ。水管理制御施設の計画にあたっては，組織としての用水施設の動的水理特性を予め十分に検討し，制御操作に伴う流況の相互伝達特性を踏まえて制御条件を決定する必要がある。そして，運用開始時に，いわば慣らし運転として制御系の感度を確認・調整することが大切である。

2．5．水管理制御施設の管理体制

a．水利施設管理の基本

末端圃場で発生する複雑な水需要変動にどう対応するかは，水管理制御施設計画の中心課題の一つである。末端圃場レベルでの水利用の自由度を完全に保証することは，コスト的に，また制御技術の面からも不可能に近い。したがって，計画上は，①ピーク期の末端水使用について輪番制等の一定範囲の規制を課すこと，②水路系を階層により区分し，水管理の責任分界点を明確にすること，の二点を原則とするよう提案した。これによって，制御の複雑さを著しく軽減できると考えられるからである。

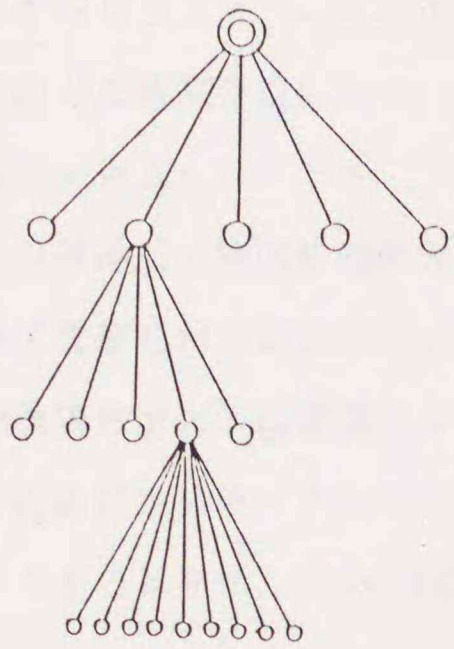
末端給水栓の動きが，その都度幹線系の流況に波及し制御動作を左右するような計画は絶対に避けなければならない。このような計画では，全ての給水栓が同時に開かれ，または同時に閉じられる場面までも想定した水理設計が必要となるが，こうした事態への対応は実際には不可能と考えられるからである。

図－９　は大規模畑地灌漑地区に対して筆者が構想した階層管理システムの機能分担関係を模式的に例示したものである。

中央管理所は大流量を長距離にわたって送水する幹線・支線を対象とし，経済的かつ安全に所定量の用水を計画的に送ることを業務の中心とする。

地区管理所は，分水工に連なる灌漑ブロックに送られてきた用水を末端圃場ブロックに配分する業務を分担する。圃場に直結しているだけに，営農体系との整合性が強く求められ，水需要の動向に応じた柔軟な施設操作が必要である。

末端管理所は，末端給水栓の管理を意味し，個々の農家の操作・管理に任されている場合が多いが，厳密な系統管理には一元化が必要となろう。水田パイプライン地区で，末端給水栓のハンドルを特定の管理員に預け，勝手な操作によるトラブルを防止する仕組みとした例などがそれである。



図－９　階層管理の概念図

図－１０　は，水管理システムの階層構造につき，実施例をもとに筆者が整理し類型化したもので，図－９　の例は，この図の「Ｄ」に相当する。[60]

図－１０　において，

Ａ：中央管理所が，支線系の地区内配水から末端圃場レベルの分水まで統括管理するシステムで，いわゆるセンター方式の集中監視制御システムである。一元的な水管理が整然と行えるメリットが大きいが，広範囲に展開する水路系の複雑な流況を的確に把握し必要な管理操作を行なうための監視・制御項目が多くなり，高度な情報処理・情報通信系の整備を要する。地区管理所及び末端管理所の無人化による省力化がセールスポイントとされている。

Ｂ：緊急時の流量の遮断や大幅な増減など，水管理上の重要項目については上位管理所で管理し，平常の管理操作を地区管理所及び末端管理所に分担させるシステムで，中央の負担が　軽減できる。

Ｃ：地区管理所が，支線系の配水管理から末端散水の操作管理まで，一括して行なうシステムで，団地化されて管理しやすい地区や，逆に急傾斜地のみかん園などで末端管理所の設置が困難な場合に採用される。

Ｄ：中央管理所は水需要に応じた取水及び幹線系の安全・適切な送配水管理並びに支線への量分水管理を，地区管理所は分水工から下流の地区内配水並びにファームポンド水位や揚水・加圧ポンプ等の重要施設の管理を，また末端管理所は圃場の条件に応じ

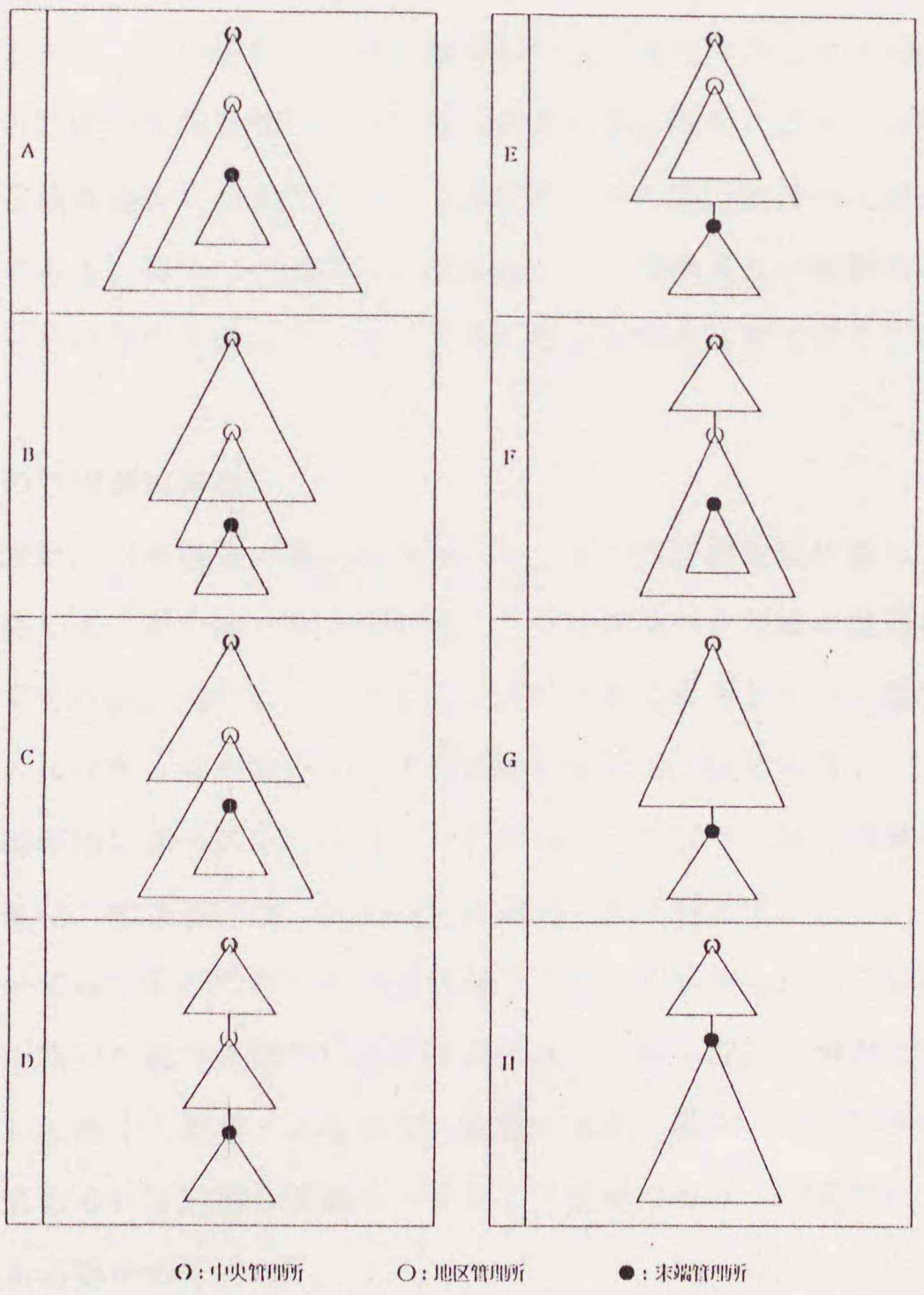
た給水栓（バルブ）の操作管理を行なう等，水路系の階層構造に見合った管理業務の分担を行なうシステムである。上・下管理所間の連絡は必要最小限の情報量にとどめ，主要地点の流況監視により，水路またはパイプラインの流れを情報源として適切な水管理ができる。

E：中央管理所が地区管理所を包括し，これに末端管理所が付属するシステム。

F：地区管理所が末端管理所を包括し，中央管理所に付属する「C」型の変形システム。

G：中央管理所に末端管理所が直結するシステムで，長大な幹線水路系に小規模の分水工が櫛歯状に分岐する山間部等に用いられる。

H：「G」とは逆に，中央管理所の役割が単純な大規模団地等に適合するシステム。



図－１０　農業用水管理システムの類型

末端圃場で発生する水需要は，地区管理所の調整を経て流量変動が平滑化される。調整は，地区への計画給水量と地区内での実際の使用水量との均衡，ならびに地区内での公平な配分が中心となり，使用規制を必要とする場合は末端給水栓の操作がその対象となる。各地区ごとに調整される結果，幹線系に伝わる流量変動は，地域スケールの水需要の長期変化成分が主体となる。したがって，幹線系の制御は，降雨の前後とか，５日ないし１０日単位の水需要変化に追従できる施設機能を目標に設定すればよいことになる。

用水施設において，供給と需要との不均衡は避けえない問題であり，供給側に水量とその時間配分に制約のあるときは，使用条件の規制を含めて対処するのが原則である。従量料金制を含みとして量水計を設置した地区の調査事例では，無理な節水に走って灌漑のタイミングを失するなどの弊害が報告されている。従量制の定着した上水道との基本的な違いである。予測制御困難な需給関係の急激な変動は調整池によって吸収し，制御操作の負担を軽減するとともに，余裕をもった運用操作のできる施設計画とする必要がある。

なお，平常時の計画的操作管理と，事故等の異常事態の際の対応策とは明確に区分し，緊急遮断弁，非常放流施設等を配置して用水施設及びその周辺施設の災害を最小限にとどめる配慮が大切である。特に，大規模な用水施設では，水路系及び制御系のトラブルに対して，施設計画上及び運用管理面で二重，三重の安全対策を与えておくことが望ましい。

b．用水施設の管理運用体制

水管理制御施設は，用水施設の管理を合理化し，地域の営農改善に寄与しようとするものであるから，使いよく省力的で安全性が高く，その地域の水利用の実態に適合した施設とすべきは当然であるが，同時に，これを受け入れて運用管理していく地元側にも，新しい水管理システムに向かっての意識の改革と体制の整備が必要である。

用水施設の管理運用計画の策定に考慮すべき事項は，①指令系統の明確化，②管理分担・責任体制の明確化，③管理方法・管理項目の整理　などである。

指令系統については，末端農家から中央管理所に至る用水申し込みの手順，及び中央からの配水計画・規制等の指令伝達が円滑に行えるよう，用水施設の構成との関連で情報伝達系統を明確にしておくことが大切である。流量・水位・圧力・バルブ開度等の監視情報は，こうした指令あるいは制御の基礎データとして重要であり，一元的に掌握できるようなシステムとする必要がある。

管理分担・管理体制については，用水施設の規模及び事業の実施体制によって異なるが，

責任分界点と用水の受渡し条件（流量・水位・水圧等）を明確にしておく必要がある。

管理方法・管理項目については，水管理制御施設の機能との関係で内容は多様であるが，必要項目を整理し，運営にあたって手落ちのないよう注意する必要がある。

筆者の整理した基本的な管理項目は以下のとおりである。

① 水源の監視と水利用計画調整：

期別計画用水量，有効雨量，供給必要水量，水源状態の推移，取水（供給）可能水量，水利用計画の調整，利水委員会の事務等

② 取水・送配水計画：

水需要の発生，用水の申し込み（末端→中央，水使用時期，用水系統等）

取水・送配水操作（中央→末端，割当て時期，割当て条件，順位等）

送配水計画の調整（代表者会議等）

③ 緊急時の対応：

緊急対応操作（操作個所，操作方法，復帰条件等）

関係先への連絡（連絡・指令系統，連絡方法等）

④ 施設の操作・点検・整備：

水利施設の操作・巡視・整備；制御施設・装置・機器の操作，保守点検，

各種電気施設の点検・調整；建屋等各種施設の補修・営繕

⑤ 水管理データの収集・整理・解析：

監視情報の解析と対応動作（施設操作・指令等）

データの集録範囲，データの整理目的・整理方法，データの解析方法・利用目的

記録の保管（管理日誌，運転操作日誌，送配水記録，各種装置・機器の保守点検整備記録等）

特に，施設の操作，点検，整備については，各施設別に施設の目的，機能概要，操作方法等を詳細に記載したガイドブックを整備するとともに，日常点検，定期点検，臨時点検等の実施要領を定め，また，これらの点検・整備の経過を記録に残すよう習慣づける必要がある。筆者らの現地の実態調査に際して，これらの記録の存在が貴重な実績資料となり，問題点の把握と計画設計基準の策定に活用された。

第３章　畑地灌漑システムの水管理制御の自動化

３．１．畑地潅漑の管理制御システム

水田と畑との潅漑計画上の最も大きな違いは，圃場面の湛水の有無にある。畑地では，圃場面が必ずしも水平でないため，過剰な給水は無効水となり，場合によっては圃場面浸食をもたらす。このため，土壌の物理的条件により，単位時間当たりの潅漑強度及び１回当たりの総潅漑水量に制約があり，消費水量との関係で決まる時間間隔（間断日数）をおいて必要水量を供給してやる必要がある。したがって，畑地潅漑では水田に比べて，はるかに木目細かな配慮が要求され，技術的に，また労力的に多大の負担を強いる結果となる。このため，旱魃時の効果は理解されながらも，我が国のように，平均的な降水総量と適度の降雨分布が期待できる地域では，畑地潅漑がなかなか定着しないのが現実である。潅漑施設の整備された地区でも，操作のわずらわしさの故に１日延ばしにして潅漑の適期を失し，宝の持ちぐされに終わってしまうケースが少なくなかった。潅漑使用時の労力軽減を目的とする圃場潅漑施設（スプリンクラー等）の固定化と操作の自動化は，大きな効果が期待できるものの，受益者の経済的な負担が過大となり，特殊な場合を除き普及するには到らなかった。

こうした問題に対応し，畑地潅漑を定着させる方策として始まったのが多目的畑地潅漑の考え方であり，「スプリンクラーの多目的利用と自動化」として多大の関心を集め，調査・研究・現場試験が精力的に行われ，急傾斜地のみかん園・茶園をはじめ，各種作物に試みられて効果が実証され，団体営級から次第に県営・国営級の事業として実施されるようになってきた。多目的利用の内容は，水分補給のための潅漑をはじめ，農薬・除草剤・肥料等の散布，高温時の散水による微気象調節，低温時の散水氷結法による凍霜害防止，乾燥強風時の散水による土壌風食防止等，多方面にわたり，利用の頻度とそれに伴う効果は潅漑単用の場合に比べてはるかに拡大・向上する。しかし，施設の計画・設計と操作管理に関する技術上の問題点が続出し，十分な事前検討を欠いた地区等では，防除効果が得られなかったり，多量の農薬等の流失事故による公害問題などが発生し始めた。こうしたトラブルは，①施設の計画・設計の不備，②配管工事等の施工不良，③多種多様な配管用資材・器材の材質・特性の不適合，ならびに④訓練不足・理解不足による操作・管理の不行き届き等に起因するものであった。その結果，この種の施設化・装置化事業の不信をまねくおそれが生じてきた。[61)62)63)]

このため，筆者等は，国・県の事業実施部門の要請を受けて，農業土木をはじめ，作物・土壌・気象並びに電気・機械等の分野の研究者を結集して，事業実施地区の実態調査，モデルプラントによる機能テストを行い，施設水理・作物栽培管理・通信制御等，いろいろな角度から問題の解明と技術基準の策定に当たった。[64)65)]

ここでは，多目的畑地潅漑施設の計画・設計上の重点事項のうち，筆者が担当し本論文の主題である水管理システム及びこれと密接に関連する事項について述べる。

3．1．1．配水組織の基本構成

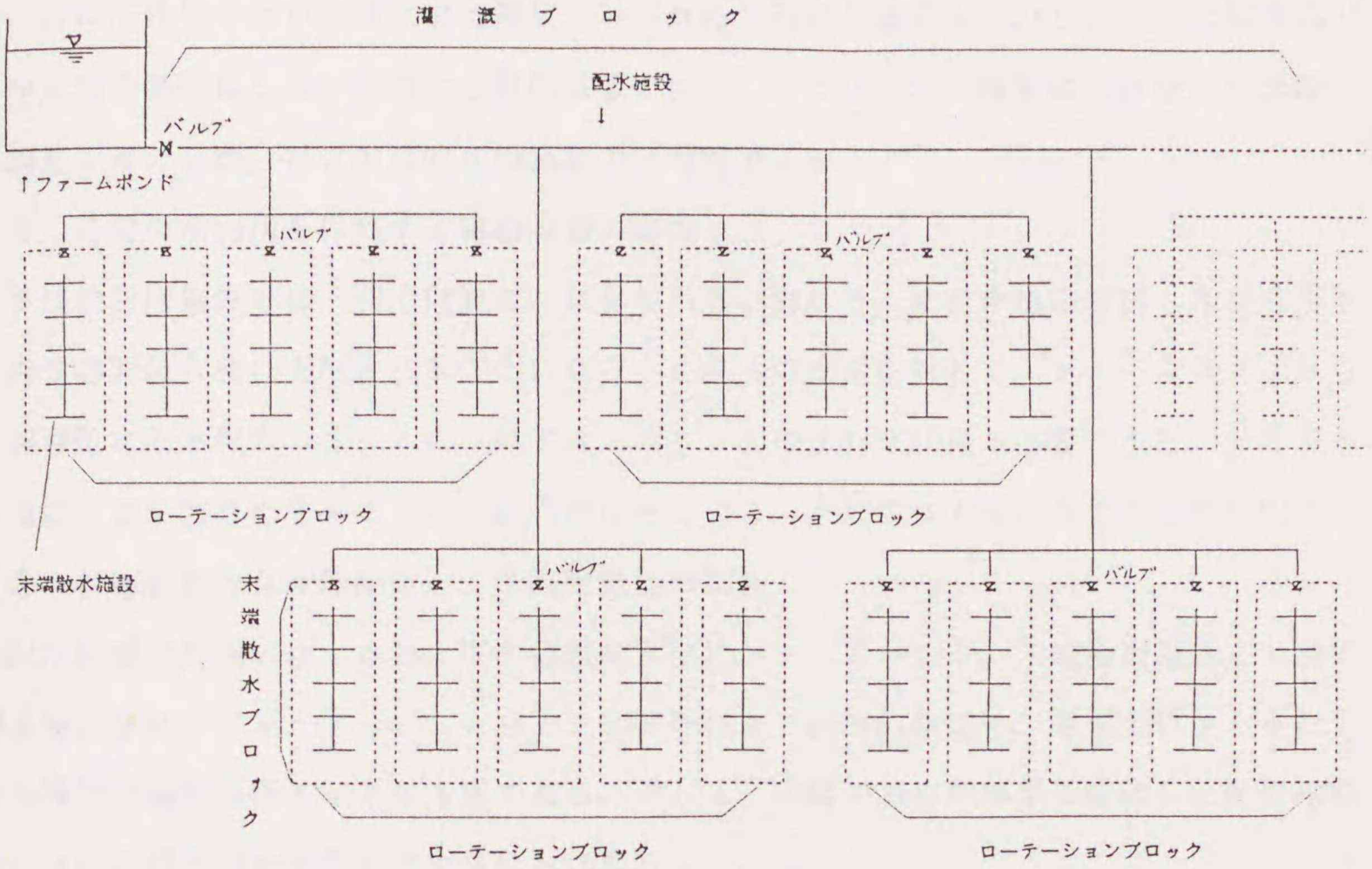
畑地潅漑施設は，圃場で必要とする用水の補給を保証する水利施設であるが，同時に圃場管理作業に密着した営農施設でもある。特に多目的利用施設では，末端圃場での水利用の条件に応じて的確に機能する送配水組織であることが大切である。このため，計画にあたり，ハードな送配水機能はもちろんのこと，末端水利用の作業性と，イニシャルコスト・ランニングコストとの関連に十分な配慮を払うことが必要である。

筆者がこの問題の研究にとりかかった時期，これらの多目的利用施設は，地区ごとに経験的に計画されて統一性がなく，その使用結果も様々であった。配管内の残留水量の見積りや流送時間を軽視したため，農薬散布の際に一部に真水しか散布できないブロックを生じたり，性能を重視して過大なプラントを設置するケースもあった。このため筆者は，関係者の協力を得て実施例を克明に追跡調査し，以下のように施設構成の基本型を策定した。

水利施設の構成要素としては，水源施設，幹線送配水・量分水施設，末端配水施設の各段階ごとに，いずれも重要な計画設計上の課題をもっているが，畑地潅漑施設計画では，ファームポンドを設けて末端圃場での水利用上の独立性を確保する手法が定着している。そこで，畑地潅漑計画に特有の末端組織計画の重要性にかんがみ，以下でいう配水施設・配水組織とは，ファームポンドから下流，散布ブロックへの分水弁に至るまでの一連の水利施設を意味するものとする。

畑地潅漑施設は，基本的には配水施設と末端施設から構成される。自動化を図る場合には制御施設，また防除・施肥などを行う場合には農薬等の資材混入施設及び散布後の残液処理施設等が付加される。多目的利用のためのこれら諸施設は，個別の性能ももちろん重要であるが，それぞれが有機的に連動して機能することが大切である。また，地形や使用条件と各施設の階層性に適合し，その調和を重視した構成・配置とする必要がある。

図－１１　に基本的な施設構成を示す。



図－１１　多目的畑地灌漑施設の施設構成模式図[65)]

①　散布ブロック：末端圃場での水利用の基本単位となるもので，１個の分水弁（バルブ）によって操作され，その支配下の面積規模（またはスプリンクラー数）が末端組織容量を規定する。

②　ローテーションブロック：水利用上の基本流量（末端組織容量）を共用する輪番区で，数十区の散布ブロックより構成される。１ローテーションブロック内では，２区以上の散布ブロック（末端分水弁）の同時使用は許されない。

③　灌漑ブロック：１基のファームポンドを共用する１～数区のローテーションブロックより構成され，潅水操作をはじめ，薬液等の混入・回収などの諸作業の運営単位となるもので，末端自動化の計画単位でもある。

このような，階層性をもったブロック構成は，水利運用の作業性，施設整備の効率性を念頭に整理されたものであるが，後述の水管理システム構想の面からも重要な意味をもつものである。したがって，水利用を効率的に進めるためには，単に施設そのものの計画の最適性のみならず，これらの施設の適切な管理・運営を含めた総合的な検討が必要であり，特に以下の事項に留意する必要がある。

①　末端での作業性と施設投資の均衡：

一般に作業性のよい施設は建設費ならびに維持管理費が高くなる。しかし，末端圃場での作業性を犠牲にしては円滑な水利用は望めない。したがって，両者の兼ね合いを合理的に調整することが，特に多目的利用施設では重要である。

② 各種の水利用を保障する組織容量の確保：

多目的利用施設では，利用目的ごとに必要水量が異なり，施設の組織容量も各利用項目の内の必要最大値に支配されることになる。これらの水量に対して，ファームポンドから末端管路に至る配水システムについては，バランスのとれた計画が必要であり，いたずらに組織容量を大きくすることは，経済性はもとより，水理的にも安定を欠く結果を招く。

③ 各種施設の合理的配置と工学的諸機能の調和：

配水組織の計画では，水源、導水組織ならびにファームポンド，末端潅漑施設との間の相互関係をコンピュータ・シミュレーション等により合理的に定め，組織全体からみた工学的機能の調和を図ることが大切である。そして，末端での作業体系に適合した配管路線ならびに各種施設の配置を定めなければならない。

④ 十分な信頼性と安全性の確保：

多目的利用施設において配水組織の故障は，末端における複雑な作業の流れを中断して大きな時間的・経済的損失を与えるとともに，その利用効果を著しく阻害する。特に，病害虫防除においては，弁類の頻繁な操作によって配管の破裂事故が生じやすい状況にあり，一旦事故が発生すれば管内の多量の農薬が流出し環境を汚染する。また，凍霜害防除では，散水途中での故障は被害を逆に拡大し新たな災害を生む恐れがある。配水組織の各単体部分の信頼性はもちろんのこと，全体としてバランスのとれた信頼性・安全性の確保が重要である。そのため，多目的利用施設では，信頼性と安全性に対して十分配慮するとともに，万一の事故に対しては安全側に回避できるような対策を予め考えておく必要がある。

3．1．2．施設配置と容量設計

a．配水組織の支配規模

水利用の作業単位となるローテーションブロック，灌漑ブロックの支配規模には以下の事項を十分に検討し，現地の要求に合致して使いよく，安全かつ経済的な配水組織となるよう努める必要がある。

① 水分補給や凍霜害防除の目的で散水を行う場合には，多量の水を連続して使用する。この場合，施設計画上はローテーション制をとることによって流量を均一化し，施設の遊

び時間をなくして組織容量の減少を図るのが一般である。したがって，このローテーション制により，潅漑作業体系が規制される。

一方，病虫害防除では，末端散水器の選択や配置，散布ブロック面積などに強い拘束を受け，また実散布水量も少ないことから，組織容量低減の意味でのローテーション制はとれず，またその必要性は少ない。さらに，散布薬液の混入・残液処理などの方式によって散布作業体系が大きく影響を受ける。

このように，多目的利用施設では，利用項目によって複雑に変化する使用条件や，制約条件のすべてに適合することが要求される。

② 一般に多目的利用を行う配水組織の計画では，末端圃場での作業性の確保が基本となる。そのためには，作業性からみた灌漑ブロック，ローテーションブロックの規模設定が必要で，配水組織の計画は，これら末端作業性を保証する形で末端からの積み上げ方式で決定するのが基本となる。

③ 一般に病虫害防除作業の場合には，1日で灌漑ブロック全域の作業を完了することが要求され，最大でも2日以内とされている。したがって，病虫害の発生分布，年間防除計画，作業可能時間，作業能率などを十分検討の上，灌漑ブロックを決定する必要がある。病虫害防除を目的の一つに含む計画では，これがブロック構成と規模を決める上での規制条件となる場合が多い。

④ 農薬等の散布資材の混入と残液の処理は，特に地形条件からの制約を強く受けるとともに，散布作業能率にも大きな影響を与える。したがって，灌漑ブロックの決定には，特にそれら各種方式の優劣の比較検討を十分に行う必要がある。

⑤ 自動化の程度，圃場基盤整備状況及び作業組織は作業能率に大きな影響を与える。

⑥ 急傾斜地では，使用する管材の耐圧特性，ポンプ設備・配水槽や減圧施設などの配置を予め考慮に入れ，配水組織に対する過大なエネルギーの付与や無理な減圧などを行わないですむように，灌漑ブロックを決定すべきである。

⑦ そ菜を中心とする平坦地の普通畑では，作目が混在し，末端水利用は個人単位とするケースが多い。したがって，傾斜地果樹園のように共同防除作業を前提とする作業体系が灌漑ブロック決定の制限条件を与えることは少ない。むしろ，個別利用の自由度が求められることから，施設容量の余裕とこれに伴う送配水施設（受電設備を含む）の経済上の規模効果や，施設の管理・運営組織などによって支配規模が定まることが多い。

b．組織容量

一般に，水分補給を主とする潅漑計画において，水利施設の規模を規定する流量としての組織容量は，計画上は完全なローテーション制が守られるものとして次式で求められる。

$$Q = 2.78 \cdot A \cdot E / F \cdot H$$

ここに，Q：組織容量（l ／s），A：潅漑面積（ha），E：1回の潅漑水量（mm），F：間断日数（d），H：1日の潅漑作業時間（hr）である。

一方，薬剤散布では，散液の付着性能によって散布器種やその配置が定まり，また散布時のタイムラグや，末端ブロックの残液量から散布ブロックの面積が制限を受ける。したがって，このような場合には末端散布条件をもとにした次式で組織容量を求めるのがよい。

$$Q = 2.78 \cdot q \cdot au \cdot n$$

ここに，Q：組織容量（l /sec），q：散水強度（mm／hr），au：散布ブロックの面積（ha），n：1かんがいブロック内のローテーションブロック数，または同時散布ブロック数（整数）である。

一般に後者の組織容量が前者に比べて大きくなる。したがって，薬剤散布等を目的の一つに含む計画では，これが組織容量の規定条件になる。

c．配水組織の構成と各種施設の配置

畑地潅漑の配水組織は，ファームポンド，ポンプ設備，管路，分・配水施設，管理・調整施設その他の施設からなる。これらの施設計画の適否は，配水組織の安全性，末端での作業性，施設の建設・維持管理のコストを左右するので，個別の施設の性能・信頼性とともに，組織全体の見地からみた総合的な調和を図ることが大切である。

スプリンクラーシステムは，末端においてかなり高い作業圧力を必要とする。自然圧によって，この必要圧を確保できることが望ましいが一般にはポンプ加圧による場合が多い。

〔参　　考〕

① スプリンクラー防除において，1チームが1日で作業できる散布ブロック数は，既設施設での実態調査によれば40～60程度であり，散布ブロック面積は0.3 ～0.7 ha程度の場合が多い。したがって，12～40ha程度が防除の基本単位となる。

② そ菜を中心とする平坦地普通畑では，圧力タンク方式またはポンプ直送方式が一般的に用いられる。そのため，施設の支配規模もこれらの施設の建設コストや技術的問題ならびに管理操作上から15～50haが限度となる。

③ 自然落差を利用して残液の回収を図る方式では，地形の制約によって支配規模に制限を受けるとともに，作業能率や残液の回収再利用に著しい制約を受ける。したがって，比較的小規模のブロック構成となる場合が多い。

加圧区域を大きくとると，末端圧との関係で減圧を必要とする面積も大きくなり，エネルギーの浪費につながる。ファームポンド及びポンプ場の位置決定にあたっては，必要最小限のエネルギーで配水ができるような比較設計が必要である。

急傾斜地の配水組織では，配水槽方式とする場合が多い。配水槽の配置は，ポンプによる配水槽までの揚水と，配水槽から末端分水弁までの流下区間の圧力調整，使用管種の耐圧性などから決まるが，特に地形が複雑な場合は，経済性とともに施設の使い易さに大きな影響を与えるので比較設計が必要である。

平坦地で配水槽を設ける適地がない場合には，ポンプ直送方式，あるいは圧力水槽方式が用いられる。保守管理上は，できるだけ簡潔な仕組みの運転方式が望ましく，上下限設定圧力によってON-OFFする圧力水槽方式を採用する場合が多い。

管路の配置は，分・配水操作，残液処理操作に関する末端での作業能率を大きく支配する。したがって，自動化の方式と程度，圃場基盤整備状況，残液の処理方式などを総合的に検討の上，配置を決定する必要がある。

薬液等の混入施設は，資材の搬入，とりわけ道路との関係を十分考慮して作業の基地となる位置を選定する。また，薬液を回収する場合には，その処理や再利用との関連を考慮し，配水系統の補正を行う必要がある。

病害虫防除のための農薬や液肥等の混入方式は，

① かんがいブロック混入方式

② ローテーションブロック混入方式

③ 末端ブロック混入方式

の３種に大別できる。

いずれの方式を採用するかは，圃場の整備状況と作物の団地化状況，営農形態・作業体系にもとづき総合的に決定する必要があり，協業が進んでいない地区では，施設面での合理性の配慮が，必ずしも使いよさにつながらないので注意する必要がある。

薬液混入の方法としては，①全量希釈注入法，②定流量弁による方法，③流量比例注入法などがある。それぞれの方法に対応した機器が開発されているが，いずれの方法を選択するかは，現地の自然条件とともに施設利用の営農対応の中で慎重な検討が必要である。

薬液等の散布後の配管内の残液処理方式には，混入方式と関係づけて後述のように数種の方法が考案・実用化されている。薬剤費用節減・残液放流公害回避などから，可能な限り残液の回収・再利用を図るべきであるが，全体の施設費・管理費と節減効果とのバラン

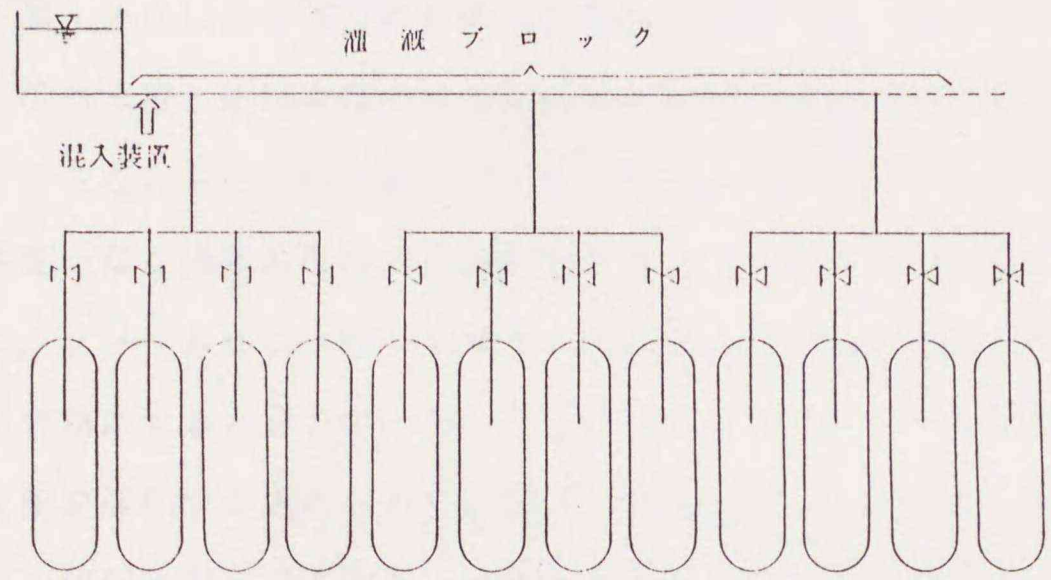
スが大切で，いたずらに過剰な設備を設けても農家の経済感覚・操作技術などとのギャップから必ずしも効用を発揮しない。

薬液混入方式と残液処理方式の組合せは、次のようなものが考えられる。

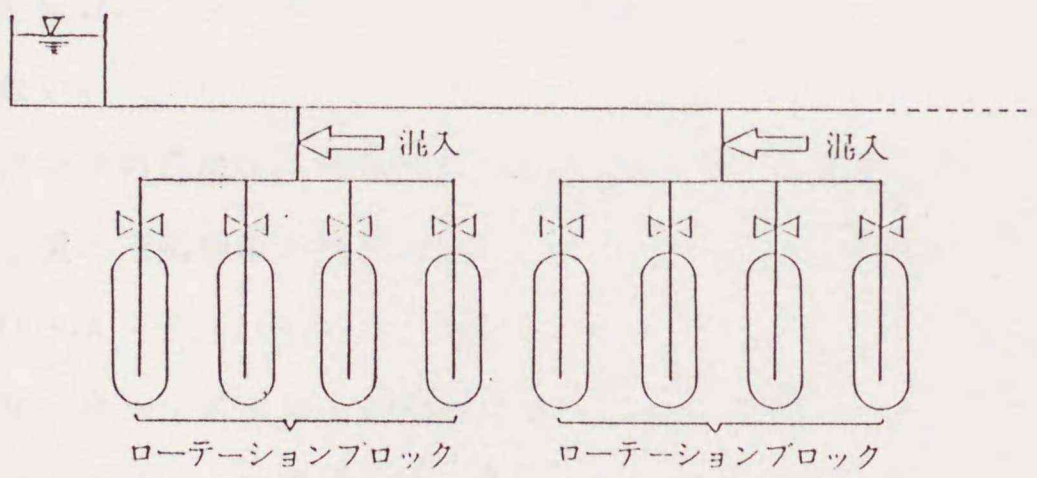
- 灌漑ブロック混入方式
  - 配水管路残液処理方式
  - 末端散水管路残液処理方式
- ローテーションブロック混入方式
  - 配水管路残液処理方式
  - 末端散水管路残液処理方式
- 末端散水ブロック混入方式
  - 末端散水管路残液処理方式

なお，幹支線配水管路内の残液処理方式には，清浄な真水で置き換える「水押し出し方式」，地形を利用して薬液槽に回収する「逆流回収方式」がある。また，末端散水管路の残液処理方式には，回収再利用（順次回収方式，同時回収方式，ダブル配管回収方式）と，末端散布処理（水押し出し散布，空気吹き込み散布）などが考案され，筆者らの室内基礎試験に基づく数値解析及び現場実証試験によって特性が解明され，現場への適用条件が示された。これらの各方式の適用には，幹・支線，末端にわたる配管の，管種・口径別の延長，勾配等を用いて詳細な水理計算を行い，予めバルブ切替え操作の時間設定を指定する方法と，センサーにより薬液と真水の境界面を検出してバルブ操作を指令させる方法とがあるが，筆者の提案した前者の計算方式でも，実用上十分な精度で薬液 ― 真水の切替えができることから，この方式が定着した。

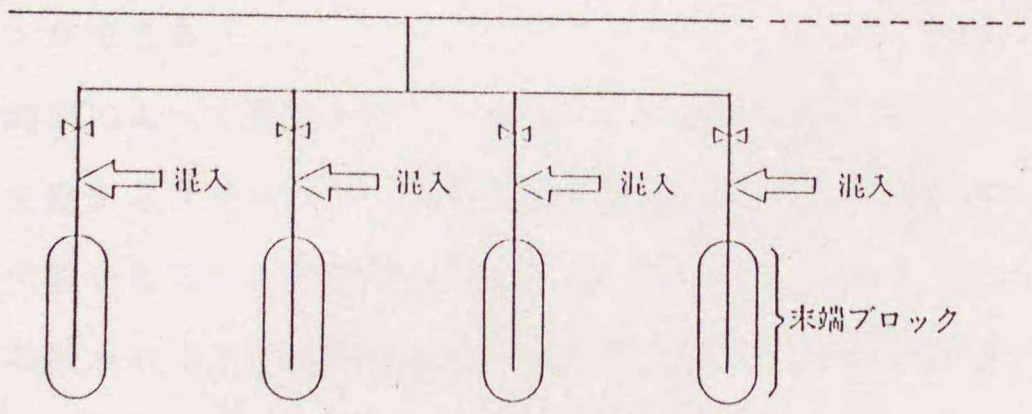
いずれにせよ，1ブロックを数分で散布し終わる防除作業において，ブロックの切替え制御に加えて，薬液の混入・回収操作を行うには秒単位の操作時間精度が要求され，簡単な場合でもタイマーを組み込んだシーケンス制御程度は必要になる。どうしても重装備な施設になりやすいので，これらの方式の選定は，当該地区の諸条件にもとづく総合的な判断により決定すべき性質のものと考えられる。



A. 灌漑ブロック混入方式



B. ローテションブロック混入方式



C. 末端ブロック混入方式

図－１２　薬液混入方式の類型

d．ファームポンド

一般に，上位幹支線の通水時間と末端での作業時間とは一致しない。そこで，幹線系では末端での作業・休止による需要の変動と関係なく計画的に，できるだけ一定量を２４時間供給とし，供給水量と使用水量の差を貯留水の増減で調整することで，上位水系の送水管理を容易にするとともに，幹支線組織容量を下げることができる。そのために幹支線と末端配水組織をつなぐ緩衝部に設ける調整池がファームポンドである。

このように，ファームポンドは，末端での水利用に伴う流量変動を吸収して上位幹支線の送水管理を容易にするとともに，逆に，末端での水利用に対する上位水系からの供給水量の管理・支配を緩和する機能をもち，末端での水利用の自由度を大きくする。

末端圃場での使用水量の平滑化は，送配水制御，特にポンプの起動・停止の制御を円滑にする上で重要である。水管理の自動化が必然の傾向にある今日において，この機能の持つ意義は非常に大きいといえる。したがって，ファームポンドの計画にあたって，その形式・容量・配置は，ファームポンドのどの機能に重点をおくかを十分に検討し，決定しなければならない。

ファームポンドの容量は，上位幹線の組織容量，粗用水量，灌漑ブロックの規模，末端配水組織の容量と末端組織の実働時間から，次式によって計算される。

$$V = 10 \cdot A \cdot E \cdot (1 - H / 24)$$

ここに，V：ファームポンドの容量（m^3），A：灌漑ブロックの面積（ha），E：粗用水量（mm／日），H：末端組織の実働時間（hr）である。

このような容積をもつファームポンドを設けることによって，幹線では２４時間計画通水が可能となり，幹線組織容量を減少できるとともに，末端で水を利用しない間の無効放流をなくすことができる。

粗用水量は時期によって異なる。したがって，上位幹線の送水量と末端での作業時間との関連によって定まるファームポンドの必要容積は時期によって異なり，計画上は時期別必要容積の最大値をとらなければならない。最危険時は，粗用水量のピーク時ではなく，１２時間で末端散水の完了する時であり，その時の最小必要容積は次式で与えられる。

$$V = 60 \cdot A \cdot Em / Tm$$

ここに，V：ファームポンドの容積（m^3），A：灌漑ブロック面積（ha），Em：計画ピーク粗用水量（mm／d），Tm：ピーク時の実灌漑時間（hr）である。

施設園芸においては，１日の内でも一定時刻に水利用が集中する上に，断水に対する安

全率が特に要求されるので，ファームポンドの容量は，できる限り大きな余裕をとることが要求される。

ファームポンドを，ポンプの吐出水槽や吸水槽と兼用させ，その水位によってポンプのON-OFF制御を行う場合は，ポンプの起動時間間隔が電気的・機械的許容範囲となるよう，ファームポンドの容量を決める必要がある。頻繁なON-OFF操作の繰り返しによってリレーが焼損する，極めて初歩的なトラブルが多いからである。

地区内で必要とする水量が，常に水源から供給できるような水利組織では，ファームポンドは不要である。一方，地形的・経済的制約から，ファームポンドの設置が困難な場合に，ファームポンドの機能を，幹支線の送配水制御の高度化で代替しようとする構想もみられる。しかし，ファームポンドは単に通水時間調整のみを目的とするものではなく，計画時点では想定しえない水利用の変化とか，事故による断水の危険の回避など，種々の機能を兼ね備えた水利用・水管理の緩衝施設であって，これを制御で代替することはほとんど不可能に近い。したがって，特に止むを得ない場合の外はファームポンドを省略すべきでない。

ファームポンドの位置は，以下の事項を検討して選定する。

① できるだけ，灌漑ブロック近傍で自然圧により必要圧力を確保できること。

② 維持管理の作業がし易く，用地取得に経済的な場所。

③ 既設溜池の有効利用。

④ 基礎地盤等の工事施工条件。

⑤ 余水の放流や緊急放流を考え，放水路が安全・容易に整備できるところ。

3．1．3．水路形式と送水方式

a．水路形式

畑地潅漑の水路形式には次のようなものがある。

- 開水路方式
- 管水路方式
  - オープンタイプ
  - セミクローズドタイプ
  - クローズドタイプ

これらの水路形式の選択は，水源の位置，潅漑方式，地形などから要求される必要エネルギーの確保とその利用方式により制約を受けるとともに，用水の配分操作や営農条件からも制限を受ける。

開水路方式は，一般に大容量の幹線水路に用いられるが，地表潅漑では古くから末端給水路にも採用されてきた。しかし，水路用地，耕耘作業上の障害，用水の損失，管理労力などの問題から最近は管水路化が推進されている。

オープンタイプの管水路は，一定区間ごとにスタンドを設けて圧力調整と分水操作を行うもので，分・配水の管理が容易で低圧管を使用できる利点をもつが，形態上はパイプラインでも水路特性は開水路と同様で，水管理損失が大きい。

セミクローズドタイプの管水路は，スタンドの水位によって作動するフロートバルブを設け，末端での水使用の有無・使用水量によって，スタンド区間ごとの通水を遮断もしくは規制できるようにしたものである。水管理損失を軽減し，使用管種の許容耐圧強度の範囲内でスタンド間の落差を大きくすることができる。傾斜地での自然圧による幹支線送水に用いられる。

クローズドタイプの管水路は，全線を連続の閉管路系としたもので，原理的に水管理損失が無く，水資源とエネルギーを最大限に有効利用できる特徴をもつ反面，系内の一部での弁の開閉などの影響が圧力変化として全線に及び，分・配水の管理操作が難しくなる。一般にオープンタイプに比べて高圧管が用いられ、小口径となる場合が多い。

b．配管方式

クローズドタイプの管水路の配管方式には，末端に向かって順次分岐する樹枝状配管と網目状に結合する管網配管とがある。一般に樹枝状配管の方が経済的であるが，空間的な配水の弾力性，あるいは事故による断水の危険の回避などの点では管網配管が優れている。クローズドタイプの管水路は，送配水操作の応答性がよい反面，本質的に組織としての容量の弾力性に乏しいため，平坦地の普通畑作地帯で，半自由利用方式の採用により空間的配水の弾力性が要求される場合には，できる限り管網配管とすることが望ましい。

c．送水方式

送水方式は，送水のためのエネルギー付与の方法により次のように分類できる。

- 落差利用
  - 自然流下方式
  - 自然圧方式
- ポンプ利用
  - 配水槽方式
  - 圧力水槽方式
  - ポンプ直送方式

水源が高位部にあって，落差によって送配水エネルギー及び末端必要圧を確保できる場合は，自然流下方式または自然圧方式を用いることにより動力費を節減できる。

水源と圃場面の落差だけでは十分な末端圧力が得られない場合で，地区内または近傍に配水槽を設けるのに適した高所がある時は，配水槽方式の採用により簡単な水位ON-OFF制御によりポンプの運転ができる。配水槽から下流は自然圧方式となる。

圧力水槽方式は，空気圧を封じ込んだ圧力水槽の上下限設定圧力によりポンプの起動・停止を行うもので，平坦地・波丘地など配水槽設置に適した場所のないときに用いられる。この方式はポンプ施設や受電設備，圧力水槽の容積及び維持管理上から支配面積は一般に100ha 以下に制約される。

ポンプ直送方式は，制御施設を整備すれば広範囲の流量規模・流量変化に対応できるが，簡単なON-OFF運転を前提とする畑地潅漑では数ha～数十ha程度に限定される。

d．管水路の付帯施設

畑地潅漑用管水路の付帯施設としては，分水施設・調圧施設・通気施設・安全施設及び管理施設等があり，地形・圃場配置・水利用の条件等に応じて適切に配置され，管路本体と合わせてパイプラインとしての機能を発揮する。特に多目的利用施設では，配水管路内に有機溶媒や塩類を含む薬液，難溶性の水和剤などを含む溶液が流されるが，これらに対して十分安全に機能を果たすことが要求される。

短時間の頻繁な弁操作，空気と水との置き換え操作など，かなり苛酷な使用条件から，通常のパイプラインに比べてはるかに大きな圧力変動が発生する。しかも，配水組織の故障や管の破裂に対しては，薬剤損失防止及び環境汚染防止の立場から，安全率を高くとる必要がある。そのため，排気弁・安全弁・水撃圧緩衝装置などの安全施設の配置に十分な注意が必要である。

3．2．畑地潅漑施設の管理制御の自動化

3．2．1．管理制御施設の条件

a．施設の計画目標

畑地潅漑施設を，その使用目的・使用条件に応じて，安全確実かつ効率的に運用操作し，水利用の実をあげることが水管理施設の目的であり，基幹水利施設・末端送配水施設・管理制御施設とその運営管理体制を一体的に計画・整備することによって，はじめてそれが

可能となる。

計画上は，作物栽培管理の作業体系に対応したきめ細かな水利用の実現が基本であり，そのための水利施設の整備を，幹・支線，末端の各水系レベルを通じて総合的・体系的にに検討しなければならない。管理制御施設は，これらの水利施設を水需給の動向に応じて有機的に運用操作し，より効率的かつ合理的な水利用を実現する補助手段として意義があり，水利施設の不備を補う制御とか，制御系の高度化を前提とする水利施設の安易な取扱いは絶対に避けなければならない。

b．施設の使用条件

エレクトロニクス・メカトロニクス等，工業生産分野の最新技術が導入されて，農業関係の各種機械・施設・装置も次第に高度化の傾向にある。しかし，畑地潅漑の管理制御施設としては，一般に，

① 野外での苛酷な使用環境

② 使用（動作）時期の季節的・時間的偏在と不規則性

③ 使用頻度（動作回数）が低く，長期使用（耐用年数）が必要

④ 制御内容が単純で，制御対象が分散的

⑤ 操作・保守管理技術の制約

等の特殊な条件が多く，施設・装備の高級化が必ずしも実用面での便益向上に結びつかないといった問題を抱えている。したがって，管理制御施設は，精度を多少犠牲にしてもタフで信頼度の高いもの，保守管理の容易なものを目標とすべきであり，不要不急の機能を省き，できるだけ簡潔な構造（安全性・確実性）とする配慮が大切である。

c．水利用方式と施設構成

畑地潅漑施設の計画では，末端散水ブロックを基本単位とする輪番潅漑が原則で，基本流量（組織容量）を共有するローテーションブロック，または潅漑作業の組織単位としてのかんがいブロックごとにファームポンドを設ける計画法が確立され，これによって施設容量の節減と計画的な水配分が可能となっている。このことは，管理制御施設の計画に際しての重要な前提条件であり，たとえばファームポンドは幹線流量を平均化して分水操作を容易にするとともに，末端の水利用を中央の統制から解放する役割をもつ。また，輪番潅漑の原則は，水利用の自由度は制限されるが，末端分水弁の操作を少数の管理員で行う

には好都合なシステムであり，内容的には単純な繰り返し動作であることから自動化も簡単である。

したがって，管理制御施設は，水利用の高度化・多目的化をねらいとする施設の全体計画の一環として総合的に検討する必要がある。末端分水弁の集中制御を中心に自動化が普及し，水管理の省力化に貢献しているが，手動操作でも，たとえば，配水組織の一部を複線化し，バルブ類を計画的に１ヵ所に集中する等の方法によって弁操作労力を大幅に節減できる。いたずらに高度化・自動化を追うことなく，水利用の目的に照らした使いやすさと施設費との関連で手動・自動の適否を検討すべきである。

d．水管理の階層分担

畑地潅漑施設は，水源施設，幹線導水施設，ファームポンド，ポンプ，地区内送配水施設，末端散水施設，及び薬液等の混入・回収施設等からなるが，事業の規模とその実施体制（国営・県営・団体営等），地形・圃場形態，作目・団地構成と水利用の目的・方法等によって各施設の規模及び構成・配置とその運営方式がそれぞれ異なり，単一の尺度で管理制御施設計画の全体像を規定することはできない。

小規模な計画では，取水から末端散水までを単一組織として計画できるので，制御施設も容易に類型化できるが，国営・県営級の大規模な水利計画では，

① 水源の取水管理と幹支線水路系の送・配水，量・分水の制御

② 基幹分水工から下流の地区内送・配水，量・分水，ポンプ等の監視及び制御

③ 末端散水用分水弁の制御，薬液等の混入・回収操作

等，水利施設の水系レベルにより役割が異なり，それぞれの水管理の重点項目に対応した管理制御システムが求められる。この場合，各水系レベルごとに系内の情報を集約し管理機能を分担するとともに，上・下位システムと有機的な結びつきをもった「階層管理」の方式が一般に水利施設系とのなじみもよい。

３．２．２．計画の手順

管理制御施設は個別施設を結合し，組織として機能させる神経中枢の役割を担うものであり，土木・機械・電気等，関連技術分野が多岐にわたり，許認可手続き等も伴うため，適切な手順に従って計画を進め，施設相互間の総合調整を図るとともに，計画内容の充実，作業の重複・欠落・手戻りの防止，工程計画の合理化等を図る必要がある。

事業・施設の計画に当たっては，骨格となる要素から先に決め，次いで段々と細部に及んでいく方法が一般的であるが，特に管理制御施設のように豊富な経験と総合的な判断を必要とする技術においては，当初計画段階における大綱の決定が事業の成否を左右するといっても過言ではない。したがって，計画段階・実施設計段階・施工段階を経て，施設完成後の管理運用段階に至るまで，すべての作業は専門技術者の一貫した指導方針のもとに，順序正しく進めていくことが必要である。とかく，当初の計画理念が活かされずに，外見的な形状や数字だけが一人歩きする危険を避けるためである。

計画の手順の一例を図－１３　に示す。

３．２．３．管理制御施設

ａ．幹・支線管理制御施設

農業水利施設の規模や構成によって異なるが，幹・支線水利施設は，水利用の対象である末端圃場ブロックまで，用水を効率的かつ安全・確実に導くことが役割である。したがって，幹・支線系の管理制御施設は一般に次のような目的と内容をもっている。

① 水配分の合理化：計画分水割合の維持、時期別地域別需要変動に対する送・配水機能の調整，水路系の応答特性への対応等

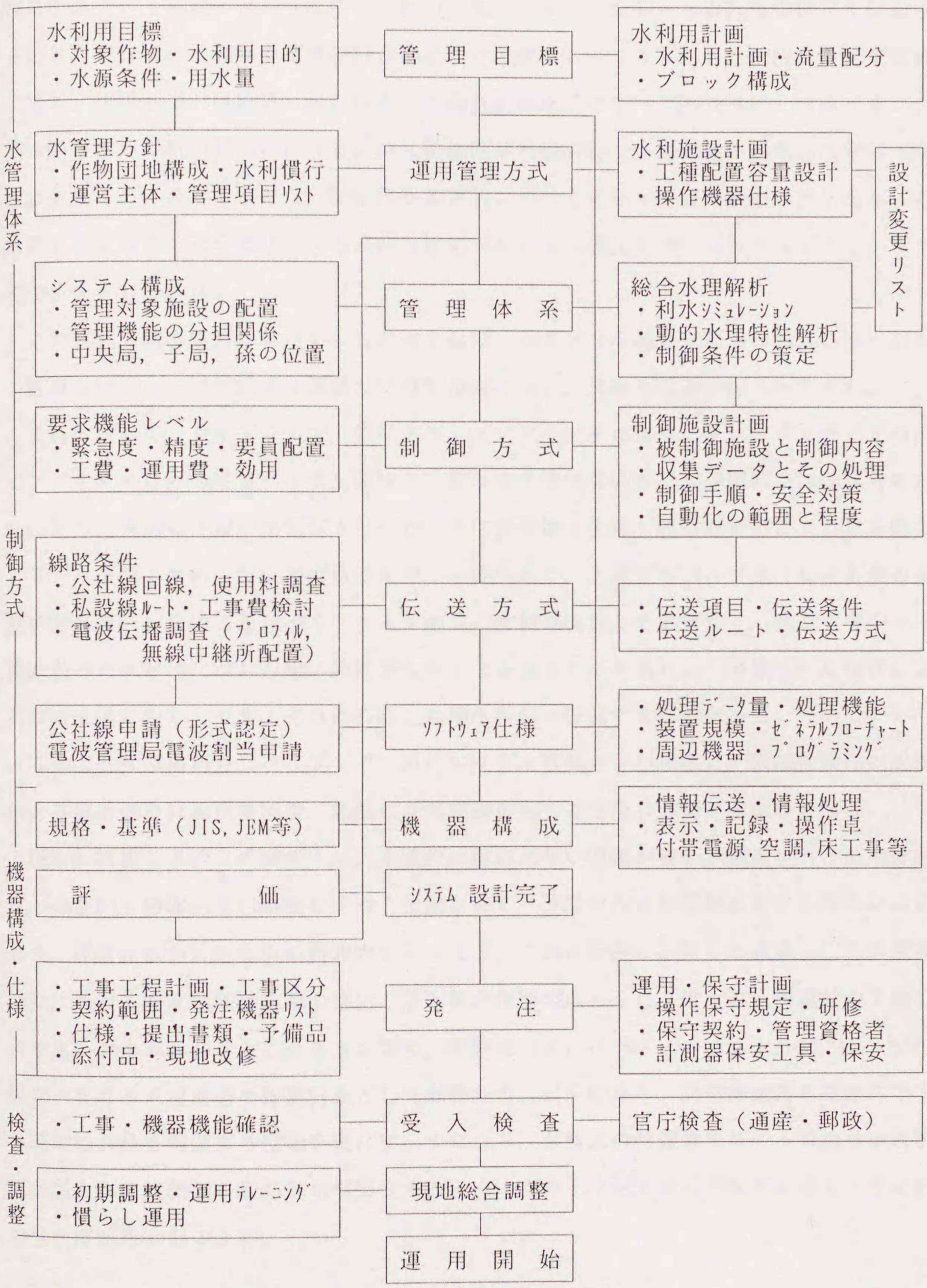
② 用水の有効利用：過大取水の規制，無効放流・管理損失水量の軽減，降雨の有効利用，複数水源の使用調整等

③ 施設機能の保全：施設の適正操作，水路系及び装置・機器等の異常の早期発見と対応処置（施設の損害及び２次災害の軽減・防止）等

④ 管理経費の節減：水利施設利用に係るエネルギーコストの節減，管理労務費の節減（監視操作労務，各種管理データの作成業務等の省力化）等

⑤ そ　の　他：施設・機器の保護，各種連絡・通報・対応処置の迅速化，心理的不安・不満の解消（計画性、公平・中立性の確保）

畑地潅漑施設における水管理の基本は，送・配水組織の末端，すなわち，圃場への分水弁を起点とする水需要に完全に追従した送・配水制御の実現にある。一方，水源容量の制約や，水路断面の経済性等から，供給側でも一定の規制を課す必要がある。この両者のいずれに重点をおくかによって，いわゆる需要主導型と供給主導型の二つの水運用方式に分類される。実際には，水利施設の経済性及び運用操作技術等の条件から，両者を適宜折衷した機能をもたせた計画とするのが普通である。



図－１３　計画の手順の一例[66)]

水路形式からみた場合，自由水面をもった開水路では，水面勾配によって流れが形成さ

れる関係上，上流側のゲート操作で水路の流量，つまり下流側への供給量を任意に調節することができる。下流側では供給量の範囲内での取水しかできないし，余裕をもって供給しても，使用水量が供給量に満たなかった場合の残水量はすべて無効放流となる。また，開水路では，流量の調節に伴う流況の伝播速度が比較的遅く，需要側の要求に対する即応性に欠ける。これらのことは，開水路が本質的に供給主導型・上流始動型の性格をもった水路形式であることを意味し，上流側の絶対的な有利・優先性が原因となって古くから水利紛争を生じてきた。

このため，開水路系における水管理の主眼は，末端での水需要変動への即応と無効放流の軽減という，一見矛盾する問題点の解決に向けられ，技術的改善が図られてきた。

これに対して，パイプライン，特にクローズドタイプまたはセミクローズドタイプのパイプラインでは，末端でバルブを開けない限り水は流れないので，原理的に無効放流はない。また，管内に多量の空気が入り込むことは空気塊の圧縮・流路遮断等による致命的なトラブルを招くため，常に満流状態を保つ必要があり，上流側のバルブ操作による供給規制はできない。このことはパイプライン形式の水利組織が，その特性上，需要主導型・下流始動型の水管理になじむ水路特性をもつことを意味し，末端バルブの無秩序な操作による流量変動に対してでも，完全に追従した用水供給を保証する必要がある。[67]

このような理由から，パイプライン系における水管理の中心課題は，末端弁操作の規制による供給側の計画性の回復，急激な流量変動に対する安全な作動の確保等となる。

用水の需要と供給との関係には，本質的に相容れない問題が多い。圃場レベルの水使用は，時期的・時間的な自由度を求める傾向が強く，流量の大幅な変動は避けられない。たとえ，流量変動が計画流量の範囲内であっても，これに厳密に追従した流量・圧力の制御には，極めて高度な制御施設の整備と管理操作技術が求められ，受入れ水利組織の実態に合わないおそれがある。このような場合，調整池（またはファームポンド）は，送・配水操作における流況変動の緩衝施設として制御系の負担を軽減し，調整池容量の範囲内で上下流の独立性を保証する役割を果たす。すなわち，調整池の貯留効果によって流れの連続性が断たれ，供給側の計画送水が実現する一方，池の下流側では需要変動に応じた水使用の自由度が得られる。

b．末端管理制御施設

畑地潅漑施設を，水利用目的・水使用条件に応じて適切に運用・管理するためには，圃

場・作物に密着したきめ細かな人為的調整・監視が不可欠であり，これによって末端水管理の支配面積が制約を受ける。したがって，末端管理制御施設は，水利用の末端作業体系の単位であるかんがいブロックをその対象範囲とし，かつその範囲内においてある程度自己完結の制御系として機能するよう計画するのが実態に合致している。

かんがいブロックごとのファームポンドの設置を前提とすれば，その水位情報によって幹線水路系からの送・配水受入れの連携動作は可能であり，実際にファームポンド流入口のフロートバルブによる給水制御方式が最も多く用いられている。また，末端における現在の散水ブロック番号・水利用目的・水使用量等，水利用の個別情報のすべてを上位管理制御施設で把握する必要性は少なく，むしろ，分散する各施設の動きの大要を把握し，調整のできる範囲の組織的なつながりの確保が大切である。

こうして，かんがいブロックを単位とする水利用の作業性に重点をおき，末端管理施設に独立性をもたせることにより，現地の条件に臨機に対応できる管理制御システムを構成することができる。ファームポンドを介在させることによって上位水系との直接的なつながりを断ち，末端での水利用の自由度を得ようとする水利施設自体の計画目標とも合致し，また，これによって管理制御の情報網を大幅に簡素化できる。

c．自動化の意義と役割

畑地潅漑施設を計画の手順に従って操作・管理する作業は，かなり煩雑なもので，ことに多目的利用施設ではその使用頻度と操作内容の複雑さが加わる。たとえば，病害虫防除の場合には，農薬の混入・回収の操作が加わるほか，数分単位の短時間で散布ブロックを次々に切り換えていく必要があり，その労働負担は相当に大きくなる。数日間も要した防除作業を，僅か数時間で処理できることを特徴とする多目的利用技術であるが，短時間に作業が集中して，人間が施設・機械に追い回されるようであっては計画の意図が活かされず，作業精度も期待できない。

施設操作の労力を軽減する根本的な方法は自動化である。自動化の方法には，情報処理技術を駆使した集中監視制御システムから，末端スプリンクラーに付設する自動動作器具まで，非常に広範囲の施設・装置分野を含んでいるが，前述のように，一般的な畑地用水施設の設計では，使用水量・末端散水操作にある程度の規制を課しているので，自動化施設もこの規制条件内で流量・圧力・散水操作などの制御が行えればよい。これによって，労力節減効果のほか，運転時間の延長……場合によっては２４時間無人運転も可能となる

ので，組織容量の縮減をもたらし施設コストを低減できる。自動化コストはこれらのメリットに見合ったものであることが望ましいが，現実には使いやすさとか安全性など，金額に換算しにくい要素も大きく，これらを含めて方式を決定する必要がある。

自動化の利点と考えられる項目を再整理すれば次のようである。

① 畑地潅漑施設の適切な利用には相応の技術と労力を要し，特に多目的利用では使用頻度が高まり，短時間に末端分水弁を操作する必要が有るが，自動化により操作労力の節減と作業精度の向上を図ることができる。

② 少数の人員で集中的に，適期作業ができる。

③ 農業労働の内，苛酷で非健康的な部分を緩和できる。
（例えば，農薬散布の人体に対する汚染の回避，休日の確保等）

④ 1日の潅漑作業時間を長くすることが可能で，組織容量を小さくできる。

⑤ 故障の早期発見ができ，施設の安全な管理に役立つ。

d．自動化の範囲と程度

畑地潅漑計画では，全体システムを構成する水利施設，各種装置・機器の選定と配置の適否により，施設の初期コスト・運用コスト・利用効果及び保守管理の難易が左右される。近年は，省力化の要請が強く，特に多目的利用施設では作業内容が複雑で迅速性を要するため，かなり重装備の自動化システムが導入される傾向にあるが，自動化の計画目標と判断の尺度を明確にしておかないと，施設の高度な機能が水利用計画に活かされない不満を残す。自動化の経費負担に応えうる集約的で収益性の高い作物を対象とする地区への適用を考え，その程度も，ごく簡易なものから高度な制御システムまでの選択を的確に行うことが必要である。

すなわち，手動でも十分間に合うもの，技術的に自動化が困難で，著しくコスト高となるものについては人為操作を前提として計画し，①単純な繰り返し操作，定時操作，②複雑な連続操作，③多量の情報解析，正確な計測・制御を要する作業，④突発的で迅速な処置を要する作業，⑤不確実な処理や操作忘れの許されない作業，⑥著しい危険・苦痛を伴う作業，等を重点的に自動化すべきである。

表－2　は，畑地用水の多目的利用実施地区を調査し，その結果から筆者が目的別に自動化の必要項目・可能項目を整理したもので，末端作業の重要部分は人力に頼るほかなく，判断機能・フィードバック機能をもった本来の意味での完全自動化は今後の課題である。

また，これらの項目ごとの重要度は現地の条件によって異なり，例えば，道路網の完備した平坦地と，交通手段を欠く急傾斜地とでは自動化の位置づけに大きな差があり，一方，多種作物が混在しあるいは個別管理を前提とするような地区では，自動化が水利用の自由度を阻害する結果ともなるので注意を要する。[68)69)]

なお，管路の破裂・漏水等，水路系の異常に対する監視・警報機能と，システムトラブルのチェック機能は，自動化計画上の必須項目と考えるべきであろう。

表－2　自動化の必要性と可能性

作業項目	水利用目的									
	灌水	微気象調節	風食防止	凍霜害防止	潮風害防止	病害虫防除	液肥施用	摘果剤散布	除草剤散布	土壌改良剤散布
散水（薬液）量の設定	△	△	×	×	×	×	×	×	×	×
散水量（時間）の設定	○	○	×	×	×	○	○	○	○	○
弁の開放（散水開始）指令	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
同・フィードバック指令	△	○	△	○	○	×	×	×	×	×
弁の閉鎖（散水停止）指令	○	○	△	△	△	○	○	○	○	○
同・フィードバック指令	△	△	△	△	△	×	×	×	×	×
散布ブロックの選択制御	△	△	×	△	△	×	×	×	×	×
同・設定ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑによる制御	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○
散水（散液）異常の監視	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
管水路異常の検出と対策	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
薬液等の種類及び濃度の選定	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
同・一次希釈	×	×	×	×	×	△	△	△	△	△
同・二次希釈（注入）	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
散水（散液）効果の判定	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
フィードバック機能（流量）	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○
同（圧力）	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○
同（風速）	×	×	△	○	×	△	△	△	△	△
同（雨量）	△	×	×	×	×	△	△	△	△	△
同（気温）	×	○	×	○	×	×	×	×	×	×
同（湿度）	×	△	×	○	×	×	×	×	×	×
同（土壌水分）	△	×	△	×	×	×	×	×	×	×
同（付着塩量）	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×
同（薬液濃度）	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
制御装置・機器の外乱対策	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
操作経過の記録	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△

（注）○：自動化が必要，△：あまり重要でない，×：自動化不要（または不可能）

e．自動化の形式

畑地潅漑施設の自動化計画において考慮すべき主な項目は次のとおりである。

① ポンプ運転を含む送・配水の自動化

② ローテーションブロックへの分水の制御

③ 末端散水の自動化

④ 農薬・液肥などの自動混入

⑤ 散布残液の回収及び処理

⑥ 送配水施設系及び制御系の異常の監視及び安全対策

畑地潅漑の自動化計画では，これらの項目ごとにサブシステムとして独自の系を作り，施設の規模・使用目的に応じて，これらを有機的に結合して全体システムを構成するのが一般的となっている。例えば，ポンプについては，起動・停止を始めとする一連の動作は機側制御として独立のループに組み込まれ，中央装置からはON-OFFの指令を与えるだけで個々の動作には直接関与しない。ポンプ制御系から中央装置へは運転・停止・異常などの概括的状態表示（報告）が行われる。薬液等の混入・回収についても同様であり，また末端管路の圧力調整・分水量制御は，定圧弁・定流量弁等の自力制御機器による場合が多い。制御対象が点在し，輪番制を運用の基本とする畑地潅漑施設の操作条件に合致した方法といえる。

生物を対象とする畑地の栽培管理では，自然環境や，これに伴う作物の生理反応が極めて微妙であり，経験に基づく人間の判断と処置を必要とする場面が多い。したがって，自動化施設の計画には，人の存在を前提に，その人の果たす役割を十分に意識した上で，具備すべき機能の範囲を設定することが必要である。

こうして，マイナーループ制御を軸とする制御系の構成と，人間介在を前提とする機能レベルの設定により，多目的畑地潅漑施設に特有の自動化システムが開発され，使用目的・使用条件に適合するよう次第に改良が加えられて現在に至っている。

ポンプの運転制御には，対象となる制御目的により次の3種類がある。

① 圧力制御

② 流量制御

③ 水位制御

これらの制御目的を実現するための操作方法としては，

① 制水弁の開度制御による方法

② 圧力水槽による方法

③　ポンプの回転数制御による方法

④　ポンプの台数制御による方法

⑤　台数制御と回転数制御の組合せによる方法

⑥　台数制御と弁開度制御の組合せによる方法

などがあり，送水量，圧力変動の許容範囲，全揚程に占める管路損失の割合などによって適用すべき方式が決まる。畑地潅漑施設は多額の投資を伴う事業であり，将来にわたって多大の影響を受けるので，方式の選定に当たっては経済性はもちろん，安全性，保守管理のし易さを含めた十分な検討が望まれる。

一般に最も簡単な制御方式として，圧力水槽や配水槽を利用した圧力または水位によるON-OFF制御が多用されており，この方式が採用できるように関連施設のレイアウトを計画することが，将来の管理運用の面からも有利になる。ON-OFF制御に次いで比較的多く用いられる弁開度制御は，規模が大きく送水管の損失水頭の割合が大きい場合には不経済な運転となるほか，使用状態により弁の振動，キャビテーションなどが問題となる場合があるので注意が必要である。

幹線系から各支線のローテーションブロックへの分水量の制御と，水圧の管理は重要な検討課題の一つである。特に地形が複雑な場合，あるいは散水対象ブロックが広く分散している場合などには，末端圧力の調整に留意しないと，局所的な過大水圧によるトラブル，あるいは散水分布の著しい不均衡を生じやすい。

分水量制御の方法は次のように大別できる。

①　集中監視制御方式

②　絞り機構による機械的な調圧方式

①の方式は、流量計（または圧力計）と電動弁とを組合せ，任意に設定した流量・圧力に合致するよう弁開度を調整するもので，操作運用上の自由度が大きく，大規模かつ重要な分水工に適用される。管水路組織の規模が大きく，地形，配管・施設構成が複雑な場合は，予め水理特性のチェックを行って，バルブの開閉操作のタイミング等を決めることが望ましい。

②の方式は，スプリングや圧力チャンバーを組み込んだ絞り弁により，機械的に分水量を一定の範囲に限定保持するもので，定流量弁・定圧弁・安全弁等として各種の機種が市販されている。機種によって調整能力・調整範囲に制約があり，使用水量・圧力の任意変化には対応できない。しかし，機構が簡単で費用も安く，通常の畑地用水施設の流量・圧

力の調整に適した特性を有することから，傾斜地圃場等では一般にほとんどこの方法が用いられている。ただし，性能及び寿命を過大評価することは避け，管路設計の面で十分に安全上の配慮を行い，この種の機器は微調整用と考えるべきであろう。

末端散水の自動化，すなわち散布ブロックの順次切替え，薬液等の混入・回収等の弁操作を中心とする末端自動化方式は次のように分類できる。

① 遠隔（集中）制御方式 —— 電磁弁・電動弁・流体圧弁等

② 自動弁による制御方式 ┬ 定流量自動弁
　　└ 自力機械弁（自動転換弁・順次作動弁・自動切替弁）

③ 前２者の組合わせ方式

遠隔（集中）制御方式は，中央制御室からの信号電送回路を通じて末端弁の開閉を始めとする各種の制御指令，流量・圧力等の監視とこれらの情報の処理・表示・記録などを行うもので，制御対象が分散し，かつこれを少人数で的確に管理しようとする場合に適し，監視制御内容の選択の自由度も大きい。機能上の優位性から，現在の多目的畑地灌漑施設の自動化の代表的方式となっている。ただし，水利用の体系が輪番制を前提として水管理方式が単純化されており，制御内容としては時間設定にもとづくON-OFF制御が中心で，あまり高度な機能は必要としない。この方式の場合，末端弁には電磁弁が広く用いられている。電源のON-OFF信号による電磁コイルのはたらきでパイロット流路を開閉し，弁体内部の水圧バランスにより主弁を開閉するもので，僅かな電力で比較的大容量の流れを制御できる特徴をもつ。農業用施設の特徴として，制御内容が単純な反面，制御対象が広い野外に分散配置される関係で，電気的装置の使用環境としては条件が悪く，高温・多湿による接点等の劣化，雷害を始めとする各種の外乱，用水中の砂・ごみによるパイロット流路の目詰まり等のトラブルが多い。施設計画上の注意が望まれる。

自動弁による方式は，パイプラインシステム内の水圧変化とそのエネルギーを制御に利用するもので，予めセットされた機械的作動弁のはたらきを組合せ利用することによってシステムが構成される。代表的なものとしては，量水計（回転計）の原理を応用した定流量ストップ弁と，その閉止に伴う水圧変化をリレーして作動する流路切り換え弁（緩動自動弁）を組み合わせた方式とか，送水管内の水圧の断続変化に反応して作動する自力機械弁（自動転換弁・順次作動弁・自動切替え給水弁等）方式などがある。管内を流動する水流自身を制御の媒体とし，電源及び制御用配線を要しない点で経済的といえるが，個別自力制御のため，散水順序の任意選択性に欠け，かつ作動状況の監視機能をもてないなど，

自動化システムとしては制約が大きい。しかし，地形条件・圃場の配置・配水組織計画及び施設の管理運用計画との一貫した方針のもとにシステム構成を考えるならば，自動弁方式は安価で保守管理が容易なだけに農業用水施設の自動化方式として利点も多く，関連機器の新開発も含めて今後の検討課題であろう。

f．自動制御装置の標準仕様

多目的畑地潅漑施設の自動化は，現場をとりまく諸情勢から、自然発生的に始まったもので，個別の装置・機器及びシステムの設計法等は，工業分野等で実用化されているものと本質的な違いはなく，むしろ簡単に考えやすいことから，一時，各種各様の自動制御装置が補助事業等の現場に持ち込まれ，新技術の導入期にありがちな混乱を生じた。これらの中には，素人の手作りに類するものから一流メーカーによるシステムまで，手動の機器の一部を電動式に変えた程度のものからＣＰＵを核とする集中監視制御装置まで，性能・価格とも極めて大きな開きのある施設・装置が同じ枠内で論じられ，選択される状態にあった。しかも，高性能・高価格のものが必ずしも好結果に結び付かず，むしろ，簡単な仕組みのシステムが安全性・安定性にすぐれ好評を得るなどの例もあって，ユーザーの農家サイドから不信感が表明されるようになってきた。

畑地潅漑自動化での典型的なトラブルは，誘導雷や野外環境での諸ノイズによる誤動作または破損，高温多湿環境下での短期劣化，微細な砂・ゴミ等の侵入による機器の目詰まりなどで，いずれも農業用の施設・装置には避けられない本質的な使用条件に基づくものである。また，管路の破損等，水利施設系にトラブルが生じた場合に，被害を軽減・回避する方向に制御する機能を仕組んでおかないと，システムが暴走し２次・３次の被害をもたらす。農薬等を混入し散布する施設の場合，その影響は多大なものが予想された。

このため，自動化施設の計画・設計者（主として国・地方公共団体の土木設計技術者），自動化施設・装置の製作施工業者（電気・機械技術者），施設・装置の利用・管理者の３者が抱える問題点を洗い出して，問題解決のための共通の指標を作ることとし，畑地農業振興会の中に大学・試験研究機関・行政部局及び関係業界の研究者・技術者による委員会を組織し，筆者が中心になって検討を行なった。土木・機械・電気・作物などメンバーの専門及び立場が多様で，特にメーカー出身の委員には微妙な利害関係がからむ面もあり，審議は予想以上に難航した。技術の進歩が急速な自動制御分野だけに，高機能を追究すれば際限がなく，農業生産を支える水利施設としての枠を越え，経済的負担能力の問題にも

つながる。筆者は，計画の原点にたち帰って，農業の現場に必要な最低限の管理制御機能に絞り，安定的で使いよい自動化施設とするための基本的な要件を整理し，表－3　の標準仕様を提案し合意を得た。この結果、畑地潅漑自動化の像が明確になり，開発・改良すべき技術とその問題点が示された。

特に，これまで評価基準がなく比較が困難であった制御機能を明確に段階区分し，各種方式の制御装置を使用上の利便性・効率性の視点から共通の尺度で評価できるようにしたこと，装置を構成する部品・部材の規格・特性条件を明示したこと，装置・機器間の情報の受渡し条件を決めたこと，試験の項目と方法を明記し義務付けたことなど，これまで野放し同然であったこの分野の技術に一定のルールを与えた点に特徴がある。[70]

すなわち，自動化に必要不可欠な基本機能により，制御装置の標準仕様を次の５等級に分類し，適用対象作物・水利用の範囲・経済性等の条件に応じて選択出来るようにした。

Ａ級　：機能が極めて高度なもの

Ｂ級　：機能が高度なもの

Ｃ級　：機能が普通のもの

Ｄ級　：機能が簡易なもの

Ｅ級　：機能が極めて簡易なもの

各等級に該当する装置の機能構成を表－４　に示す。

ただし，○：該当機能を具備するもの

×：該当機能を具備しないもの

△：付帯機能に関連して具備の要否が決まるもの

※：いずれかを具備するもの

なお，標準仕様に含まれる基本機能と，使用条件等によって付加される付帯機能とを明確に区分し，機能の欠落による現場のトラブルを避けるとともに，試験研究成果の導入による技術革新に対応できるようにした。いたずらに高度な付加機能を競って基本的な条件を欠き，あるいは標準仕様が規制となって新たな技術の導入を阻害することのないよう配慮したものである。

表－3　自動制御装置の標準仕様

機能の項目		等級 A	B	C	D	E
制御目的	灌水	○	○	○	○	○
	施肥	○	○	○	×	×
	防除	○	○	○	×	×
	残液処理	○	○	○	×	×
散布時間	共通設定	×	×	※	○	○
	共通選択設定	×	※	※	×	×
	個別設定	○	※	×	×	×
ﾛｰﾃｰｼｮﾝ順序	一定	※	※	○	○	○
	一部可変	※	※	×	×	×
	可変	※	×	×	×	×
散布ｽｹｼﾞｭｰﾙ	1回	○	○	○	○	○
	連続	○	○	×	×	×
	間断	○	×	×	×	×
手動による機能操作	ローテーション順序の飛び越し	○	○	○	○	○
	ローテーション順序の任意歩進	○	○	×	×	×
	起動と停止	○	○	○	○	○
	緊急停止	○	○	○	×	×
	再起動	○	○	○	×	×
	任意手動制御	○	○	○	○	×
	自動～手動切り換え	○	○	○	○	×
自動起動と自動停止	タイマーによる起動	○	○	○	×	×
	タイマーによる停止	△	△	△	×	×
	センサーによる起動	△	△	△	×	×
	センサーによる停止	△	△	△	×	×
制御結果の表示	制御対象からの検出信号による表示	※	※	※	×	×
	制御動作と水系からの検出信号の合成による表示	※	※	※	×	×
	制御指令による表示	×	×	×	○	○
流量の監視	過流量の検知	○	○	×	×	×
	不足流量の検知	○	○	×	×	×
	流量変化の検知	○	○	○	×	×
停電補償	起動前の状態に復帰	×	×	×	○	○
	停止位置の記憶	×	○	○	×	×
	停止位置・経過時間の記憶	○	×	×	×	×
外乱対策	雷害による破損対策	○	○	○	○	○
	雷害その他の外乱による誤動作対策	○	○	○	○	○
表示	装置前面配列	○	×	×	○	○
	装置前面模式図	×	○	○	×	×
	別置模式図	○	×	×	×	×
警報	ベル	※	※	※	※	※
	ブザー	※	※	※	※	※
	その他	※	※	※	※	※

注）表中の「機能の項目」は，以下のように定義する。

1)制御目的

①　灌　　水：灌水を行うに必要な制御

②　施　　肥：施肥を行うに必要な制御

③　防　　除：防除を行うに必要な制御

④　残液処理：施肥・防除作業終了後，管内に残留した薬液等の処理に必要な関連施設・機器の制御

2)散布時間

①　共通設定‥　：複数の末端弁に対し，同一の散布時間となるよう設定するもの

② 共通選択設定：複数の末端弁に対し，数個の時間設定部を選定できるもの
③ 個別設定‥ ：複数の末端弁に対し，しれぞれ個別の時間設定ができるもの
3)ローテーション順序
① 一 定：散布順序を一定とするもの
② 一部可変：一部特定のﾎﾟｼﾞｼｮﾝ（全体の20%以下）のみ順序変更が可能なもの
③ 可 変：全ﾎﾟｼﾞｼｮﾝにわたって散布順序が任意に設定できるもの
4)散布スケジュール
① 一 回：制御ｽｹｼﾞｭｰﾙに従って全ﾌﾞﾛｯｸを一巡して完了とするもの
② 連 続：ｽｹｼﾞｭｰﾙに従って繰り返し制御し，人為的に停止するまで継続するもの
③ 間 断：間断日数に合わせて，１日当りの作業時間に休止時間を挿入できるもの
5)手動による機能操作
① ﾛｰﾃｰｼｮﾝ順序の飛び越し：飛び越し設定により歩進順序から除外できるもの
② ﾛｰﾃｰｼｮﾝ順序の任意歩進：散布時間設定に関係なく任意に歩進できること
③ 起動と停止：手動操作により制御順序と時間設定に従った歩進の開始と停止ができること
④ 緊急停止：緊急停止指令により，全ての動作に優先して全指令を停止すること
⑤ 再起動：再起動操作により，停止中のﾎﾟｼﾞｼｮﾝから継続して動作が開始できること
⑥ 任意手動制御：任意のﾎﾟｼﾞｼｮﾝが任意の時間だけ人為的に制御できること
⑦ 自動～手動切換：自動的な動作と任意手動制御とが混同せず仕分けできること
6)自動起動と自動停止
① ﾀｲﾏｰによる起動：設定ﾀｲﾏｰの指令により装置を起動するもの
② ﾀｲﾏｰによる停止：設定ﾀｲﾏｰの指令により装置を停止するもの
③ ｾﾝｻｰによる起動：ｾﾝｻｰからの指令により装置を起動するもの
④ ｾﾝｻｰによる停止：ｾﾝｻｰからの指令により装置を停止するもの
7)制御結果の表示
① 制御対象からの検出信号による表示：制御対象そのもの，または制御対象の応動を把握できるｾﾝｻｰからの返信信号を確認して表示するもの
② 制御動作と水系からの検出信号の合成による表示：せいぎょ対象の応動にもとづく水系の状態（流量・圧力）を検出し，合成確認して表示するもの
③ 制御指令による表示：制御指令が出ていることを表示するもの
8)流量の監視
① 過流量の検知：定常流量より超過したことを検出すること
② 不足流量の検知：定常流量より低下したことを検出すること
③ 流量変化の検知：機器の応動状態を流量の変化で検出すること
9)停電補償
① 起動前の状態に復帰：停電時の装置の動作状態にかかわらず起動前の状態に復帰するもの
② 停止位置の記憶：停電時の歩進のﾎﾟｼﾞｼｮﾝを記憶し，電源復活時には当該ﾎﾟｼﾞｼｮﾝから動作開始できるもの
③ 停止位置・経過時間の記憶：停電時のﾎﾟｼﾞｼｮﾝ及び散布の経過時間を記憶し，電源復活時には当該ポジションの残り時間から動作を継続できるもの
10)外乱対策
① 雷害による破損対策：誘導雷防止のための保安器を設けるほか適切な耐雷設計を施すこと
② 雷害その他の外乱による誤動作対策：誘導雷その他の外乱による誤動作を防止するための設計を施すこと
11)表 示
① 表示の構成：装置の前面にランプを適宜配列して表示するか，あるいは装置の前面または装置とは別に模式図に合わせてランプ表示するものとする
② 表示方法：状態に応じてランプを点灯して表示するか，あるいは特に異常時にはランプをフリッカー点灯して表示するものとする
③ 表示項目：次の項目について表示するものとする
電源表示，起動中（または停止中）表示，動作表示，環境状態表示，異常表示（一括または個別）
12)警 報
① 警報方法：ベル・ブザーその他の警報器を連続鳴動させる
② 警報停止：人為的に停止操作を行うまで警報を継続する
③ 警報項目：次の項目について警報するものとする
異常警報，環境状態警報

g．末端灌漑自動化の具備すべき条件

1)自動制御装置の役割

圃場における作物栽培管理の一環としての多目的畑地潅漑施設の円滑な運用管理を目的とし，用水組織（取水・導水・配水・潅水）の設備内容・機能及び使用条件と調和したものとなるよう配慮が必要である。

2)装置の信頼性と安全性

多目的畑地潅漑施設の自動制御装置は，他分野におけるこの種の装置に比べて，使用される条件・環境が著しく異なる面が多い。したがって，装置の設計・製作にあたっては，施設の使用目的・使用方法に適合するよう，使用資材・部品の品質とその構成を吟味し，装置の信頼性を確保することが必要である。

また，装置の構成に際しては，部品や回路・電源などに異常が発生したり外乱による異常が発生した場合に，最も安全と考えられる動作・状態を確保するよう，安全対策に十分配慮しなければならない。

3)適用法規及び規格

自動制御装置およびその関連設備は，電気事業法，ＪＩＳ等の基本的な関係法規および規格・基準に準拠し，資・器材，工法を選択しなければならない。

4)使用状態

灌漑施設としての条件から，次の各項の状態を平常使用状態として装置・設備を計画し，各項のいづれかがこの範囲を越える場合には特殊使用状態と見なし，別途特殊仕様の指定を行うものとする。

①標　　高　　1,000ｍ以下の場所で使用する。

②温度・湿度　　表－４　の範囲とする。

③環　　境　　過度の塵埃，振動，衝撃や水害，薬害，直射日光等の影響を受けないよう，施設全体計画の中で配慮された環境で使用することを原則とする。

表－４　温度・湿度の条件

設　置　条　件	周　囲　温　度	相　対　湿　度
屋内設置の場合	－５～＋40℃	30～ 85％
屋外地上設置の場合	-10～＋50℃	30～ 95％
屋外の弁室等に設置の場合	-10～＋40℃	30～100％

5)装置の電源

1.電圧・周波数　100Vまたは200V，50Hz または60Hz

2.電圧変動範囲　±10%以内

h．自動化に関する付帯機能

1)土壌水分管理

①　土壌水分による起動：土壌水分が一定値以下になったことを検知して装置を起動し，予め設定されたｽｹｼﾞｭｰﾙに従って制御を行うこと

②　土壌水分によるﾌｨｰﾄﾞﾊﾞｯｸ制御：土壌水分を一定の範囲に保つよう，土壌水分検出器により装置の起動・停止を行うこと

2)潮風害防止

①　条件検出による表示・警報：潮風害発生の条件を検出し，装置で表示・警報すること

②　条件検出による制御：潮風害発生の条件を検出して装置を起動し，予め設定されたｽｹｼﾞｭｰﾙに従って制御を行うこと

3)凍霜害防止

①　条件検出による表示・警報：凍霜害発生の条件を検出し，装置で表示・警報すること

②　条件検出による制御：凍霜害発生の条件を検出して装置を起動し，予め設定されたｽｹｼﾞｭｰﾙに従って制御を行うこと

4)風食防止

①　条件検出による表示・警報：風食発生の条件を検出し，装置で表示・警報すること

②　条件検出による制御：風食発生の条件を検出して装置を起動し，予め設定されたｽｹｼﾞｭｰﾙに従って制御を行うこと

5)微気象調節

①　条件検出による表示・警報：気温・湿度など，微気象調節が必要な条件を検出し，装置で表示・警報すること

②　条件検出による制御：気温・湿度など，微気象調節が必要な条件を検出して装置を起動し，予め設定されたｽｹｼﾞｭｰﾙに従って制御を行うこと

i．関連装置・機器との連動に関する付帯機能

1)上位水系の制御システムとの関連

①　上位システムへの信号　：装置動作中・装置異常

②　上位システムからの信号：装置の使用・休止

2)ポンプとの関連

①　ポンプ制御盤への信号　：ポンプの起動・停止

②　ポンプ制御盤からの信号：ポンプの（正常）運転中・異常発生

3)薬液混入装置との関連

①　薬液混入装置への信号　：混入装置の起動・停止

②　薬液混入装置からの信号：混入装置の（正常）動作中・異常発生

4)残液処理との関連

①　残液処理機器への信号　：関連する各機器の起動・停止

②　残液処理機器からの信号：状態監視情報

j．信号伝送方式とその選定

数十ha規模を想定した末端制御系の標準的な信号伝送方式には，直線式・信号組合せ式・周波数式・パルスコード式等がある。方式の選定に当たっては，制御装置と制御対象機器との距離による経済性のほか，装置構成上の信頼性，保守管理の難易などを総合的に判定して決定するものとする。

k．制御装置の機能構成

1)装置の標準仕様：表－３に示すＡ～Ｅの機能構成を標準とする。

2)付帯機能の仕様：付帯機能が必要な場合には，「ｈ」の各項の中の当該項目を指示することにより，機能を付与する。

3)関連装置・機器との連動機能：自動制御に関する基本機能・付帯機能が決定すれば，連動すべき装置・機器が明らかになる。これらの装置・機器は原則として独自のマイナーループ制御機能を持ち，制御装置とは「ｊ」にあげた信号の授受により所要の制御動作を行うものとする。

1．構成機器・資材

1)性　　能

① タイマーの精度：タイマーが表示する全範囲にわたり，タイマーの精度はフルスケール±１％以下とする。

② 信号受渡し条件：関連装置・機器との信号受渡し条件は表－５　によるものとし，いずれも要求条件に対し連続とする。

③ 消費電力：総合消費電力は，機能を満足する最低限度の消費電力であること。

表－５　信号受渡し条件

制御対象	入力	出力	種類	数	容量
灌水用電磁弁	－	電圧	1	1	ＡＣ・ＤＣ　３０Ａ 開閉　１Ａ以上
上位水系との関連	無電圧	無電圧	1	1	通電時　１Ａ以上 開閉　0.1Ａ以上 ＡＣ　100Ｖ
ポンプとの関連	無電圧	電圧	1	1	入力　ＡＣ　100Ｖ 出力　ＡＣ・ＤＣ30Ｖ １Ａ以上
薬液混入装置との関連	無電圧	電圧	1	1	ＡＣ・ＤＣ30Ｖ １Ａ以上
その他	無電圧	無電圧	1	1	ＡＣ・ＤＣ30Ｖ １Ａ以上

2)部　　品

制御装置の構成部品は次の規格を準用すること。

表－６　構成部品の規格

部品名	規格
リレー	ＪＩＳ1102，ＪＩＳ1103　または同等以上
メーター	ＪＩＳ1102ＪＩＳ1103　〃
半導体静止回路素子	ＪＩＳ　〃
スイッチ・プラグ・ジャック	ＪＩＳ　〃
ランプ	ＪＩＳ　〃
保安器	ＪＥＣまたはＮＴＴ規格　〃
端子台	ＮＴＴ規格　〃
その他	ＪＩＳ

3)構　造

①　配線・接続：ＪＩＳまたはＪＥＣまたはＮＴＴ規格を準用のこと

②　部品・素子の実装は，適当なユニットに分け，防塵ケースに納めること

③　外部配線の引出しは，取り扱い容易な位置につけること

④　保守・点検上，必要に応じ取り外し，黙視できる構造とすること

⑤　装置収納箱および回路の接地は，端子を通じて１カ所で行うこと

4)装置の形状・寸法

①　形状は机形，壁掛け形，直立形の３種類とする

②　盤の構造は，ＪＥＭまたはＮＴＴ規格を準用すること

5)信号伝送路

①　圃場内配線用電線

ＣＥＥ，ＣＥＶ，ＣＰＥＶ

1.25～3.5mm²，0.65～1.2φ

②　屋内配線用電線

ＣＥＶ，ＣＶＶ，ＣＥＥ，ＣＰＥＶ

1.25～3.5mm²，2.65～1.2φ

③　屋外配線用電線

ＣＥＶ，ＣＥＥ，ＣＰＥＶ

1.25～3.5mm²，0.65～1.2φ

6)接続箱

①　容器構造：制御機器の屋外用収納箱に準じたものとする

②　端子構造：0.65～1.2φはネジ止めとする。1.25～3.5mm²は圧着端子を取り付けることによりネジ止めできるものとする

7)アース棒：ＮＴＴＡ型または相当品とする

m．試　　験

1)試験の種類

試験の種類は次のとおりとする。ただし、収納機器の定格あるいは規格が異なるものは，それを取り除いて行うものとする。

①形式試験，　②工場試験，　③現地試験

形式試験とは，その形式について定格及び具備すべき条件を満足するかどうかを検証するために行う試験であり，製作ロット中の１台について行う。

工場試験とは，製作完了した製品の受渡しのための試験であり，原則として発注者立会いのもとで，全数検査を行う。

現地試験とは，現地据え付け後に行う試験であり，制御系単独の機能検査および通水試験を兼ねた総合動作試験が含まれる。

2)試験項目

試験項目は，表－７　のとおりとする。

表－７　試験項目の分類

試・　験　　項　　目	形式試験	工場試験	現地試験
一般構造試験	○	○	
絶縁抵抗試験	○	○	
絶縁耐力試験	○	○	
耐雷試験	○	○	
動作試験	○	○	
入出力信号レベル・波形測定	○	○	
消費電力測定	○	○	
電源電圧変動試験	○	○	
温度試験	○		
外乱試験	○	○	
防水試験	○		
現地総合試験			○

① 一般構造試験：構造寸法が所定の値で，保護構造・外観・仕上げ・材質・接続・接触などについて点検し，いずれも実用上支障があってはならない。

② 絶縁抵抗試験：導電部とこ体間に対し，500Ｖﾒｶﾞｰを使用し，１Ｍ．以上なければならない。

③ 絶縁耐力試験：絶縁抵抗測定後，人力回路および制御回路について，導電部一括とこ体間に商用周波数の交流を１分間印加して，これに耐えなければならない。本試験の場合，対地間放電装置は取り除いて行う。

入力回路　　1,500Ｖ

制御回路　　500Ｖ

④ 耐雷試験：耐雷試験に用いる標準衝撃電圧は（1+40）μsのプラスとし，印可電圧は絶縁耐圧試験電圧の２倍とする。ただし，本試験実施の場合，対地間放電装置は取り

除いて行う。

⑤　動作試験：機能項目ごとに動作をチェックし，支障があってはならない。

⑥　入出力信号レベル・波形測定：定格状態の下で入出力信号レベル，波形に実用上の支障があってはならない。

⑦　消費電力測定：定格電圧の下で消費電力を測定し，規定値内でなければならない。

⑧　電源電圧変動試験：規定の電圧変動範囲において，動作に異常があってはならない。

⑨　温度試験：定格電流を連続通電し，操作コイルにはその定格電圧（交流の場合は定格周波数）を加え，温度が一定となったときの各部の温度上昇値は，ＪＩＭ1029（制御器具の温度上昇限度）に規定された値をこえないこと。ただし，計器用の変圧器，変流器および計器はそれぞれの規格により別個に規定するものとする。

⑩　外乱試験：制御回路へ信号波形相当の外乱を重畳し与えた場合でも，実用上の支障が生じないこと。

⑪　防水試験：屋外形（地上設置）のものについては，次の各号により注水試験を行い，実用上支障があってはならない。

(イ)　注水は一定水圧の下で，噴水口から降雨状に噴射する。

(ロ)　注水角度は，鉛直に対し45±･5°とする。

(ハ)　注水量は毎分３㎜（水平方向）の雨量とする。

(ニ)　注水時間は５分間を，４方向から連続して行う。

屋外形（地中埋設）のものについては，その装置または機器の上部を水深１ｍ以上の深さの水中に１２時間沈め，水が浸入してはならない。

⑫　現地総合試験：引渡し試験（制御系のみ単独）の場合においては，設置状況検査，接続状況検査，回路検査（符号照合，抵抗値・導通測定），絶縁抵抗試験，電源印加異常点検および動作試験（関連機器との連動の除外は可，指令の確認は要）を行うものとする。

総合動作試験（通水試験と同時）の場合においては，電源印加異常点検および動作試験（関連機器との連動，末端散水状況の確認）を行うものとする。

n．予備品・付属品

1)　予　備　品：ランプおよびヒューズは，それぞれ総使用量の５％，１００％以上を付与する。

2) 付　属　品：保守用特殊工具および操作要領説明板は必ずつけること。操作要領説明板には次の事項が記入されていることが望ましい。

① 関連機器を含む圃場模式図

② 簡単な取り扱い説明

③ 機器類の日常点検要領

④ 取扱責任者名および連絡先

⑤ 製造業者名および連絡先

o. そ　の　他

1)保証期間

契約工期完了後２年以内に，製造業者の設計または材料の不良，あるいは工作不良に起因する不都合が生じた場合は，製造業者の責任において復旧・改修を行うものとする。

2)銘　　板

装置には，外部から見やすく，かつ操作上支障のない場所に，最低限次の事項を表示した銘板を付けるものとする。

①装置名称　，②製造業者名　，③製造年　，④その他

3．3．畑地潅漑の運営管理

3．3．1．管理組織

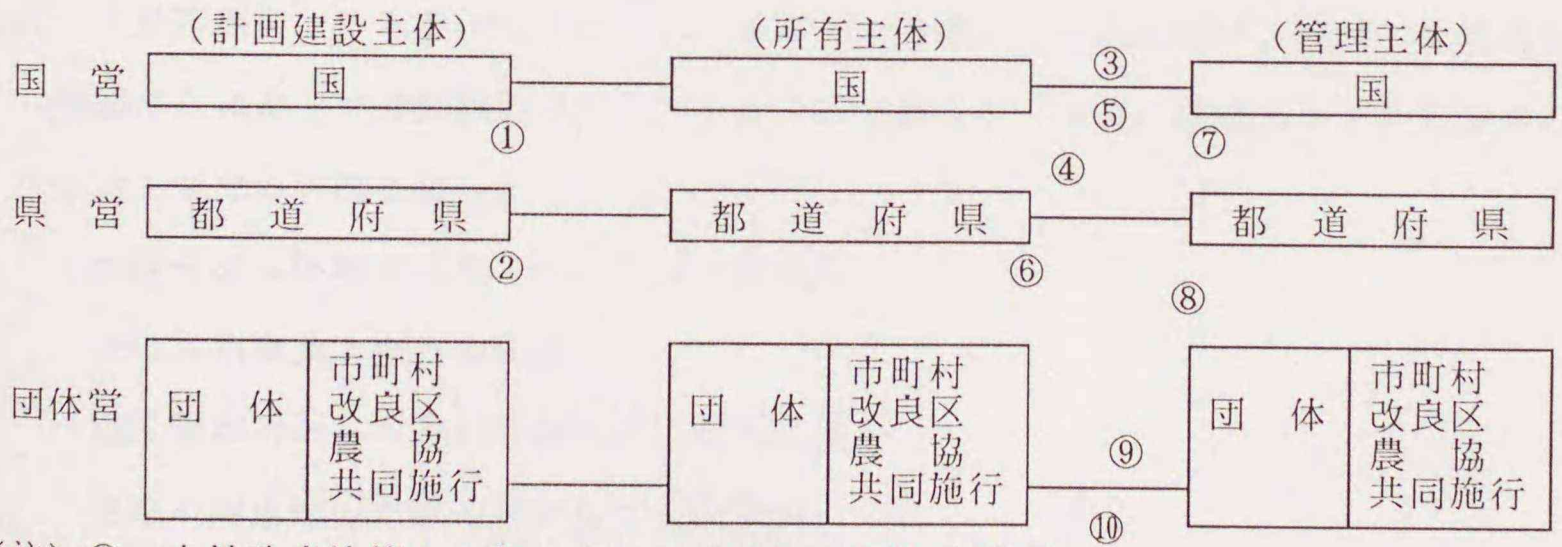
水田地帯には古くから定着した地域特有の慣行があり，受益者も水利運用の仕組みに馴れているが，畑地はもともと水の無いところに拓かれた農地であり，水管理の伝統がないため，計画に当たり各種の施設計画と合わせて予め運営管理の方針・方法を決めておかないと，実際の運用に際して混乱を生ずるおそれがる。このことは，目的とする水利用の面での不都合に留まらず，水利施設に過大の負担を与えて各種のトラブルを頻発し，危険な事態を招く恐れがある。特に，園芸作物等を扱う地帯では，自由な水利用を求める傾向があり，これに対応した施設計画とするとともに，施設の管理体制の面でもきちんとしたルールの確立についての指導が必要である。

a．農業水利施設の管理体系

現行法体系の下に施工された農業水利施設の財産上の帰属，及び実際の維持管理との関係を事業主体別に示すと以下のようである。[71]

運営管理の計画に当たっては，これらの権限・責務関係を考慮し，実施に際して問題を生じないよう，管理組織とその運営方針を定めておく必要がある。

［農業水利施設の管理体系］

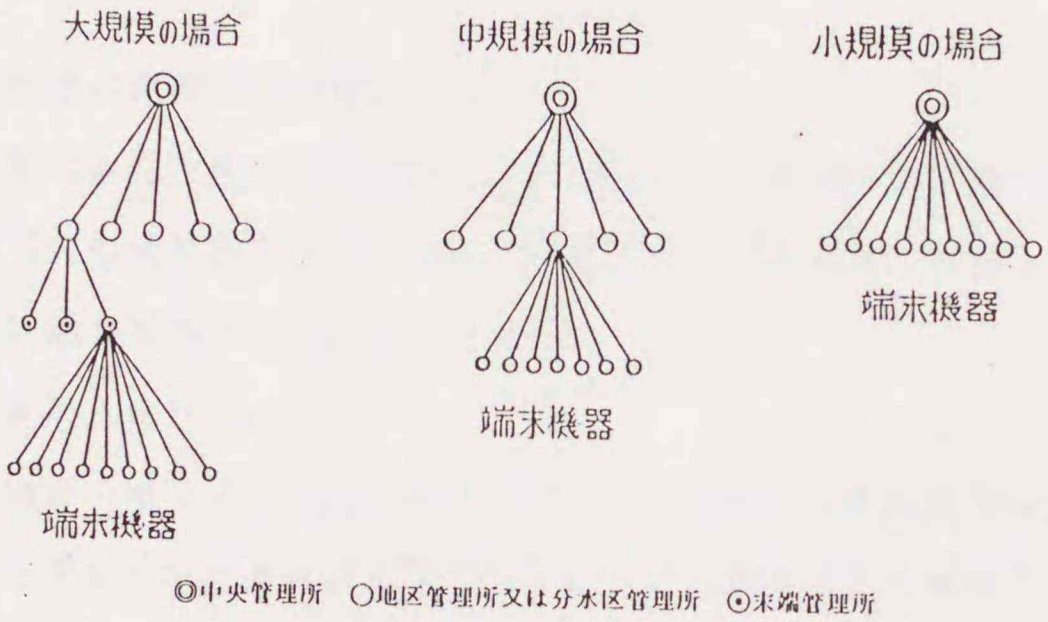


（注）①　土地改良法第９４条の３による譲与（条件付譲与）
②　条例による譲与（地方自治法，適化法による規制）
③　土地改良法第８５条の申請による直轄管理
④⑤　〃　９４条の６第１項による管理委託
⑥　〃　９４条の１０または条例による管理委託
⑦⑧⑨　〃　９３条または９６条の４による申出管理
⑩　〃　５７条による管理（造成主体の管理義務）

b．施設の管理機構

事業の規模，施設構成及び管理制御施設の機能レベル等によって管理業務の内容とこれを実施する管理機構は多様であるが，一般に，水源から末端に至る水系の幹支線の階層区分に応じて管理業務を分担する方式が普通であり，これによって全体を一貫した方針のもとに統括管理する総合性と，各ブロックごとの固有の要求に即応する融通性との両立が可能となる。

水利施設の規模に応じた水系管理の体系を模式図的に示すと図－１４　のようである。



図－１４　管理機構模式図

①　中央管理所：　事業地区全体を統括管理する水管理の中核組織で，地区・末端管理組織の上にたって連絡協議会の役割を果たすとともに，水源・取水工から幹支線系の分水工までの管理を担当する。

・地区全体に係わる運営・渉外及び会計業務

・他の水利事業との利水調整

・地区管理所からの情報の収集及び連絡調整

・用水の適正配分方針の決定及びその運用

・水源・取水施設，幹支線系導水施設の管理

②　地区管理所または分水区管理所：分水工から下流，ファームポンドを介して配水系の管理を分担する。中規模地区では中央管理所の業務を兼ねる。

・末端管理所からの情報の収集及び連絡調整

・地区または分水区内の水使用の調整

・配水施設の管理

③　末端管理所：かんがいブロックを単位とし，末端の圃場条件に即応した具体的な水利用の管理を分担する。小規模地区では中央及び地区管理所を兼ねる。

・ローテーション・スケジュールの決定

・末端弁の操作による散水制御

・薬液等の混入・回収装置の操作

・末端施設・機器の管理

c．末端施設の運営管理の原則

多目的畑地灌漑施設を，計画の趣旨・目標に沿って適切かつ円滑に運用管理していくためには，地区内の受益農家全員に施設の特性とその運営方針を明示し，共同施設・共有財産としての認識を高めることが必要である。

その原則は次のとおりである。

①　水源施設・ポンプ・送配水路・分水施設及び管理制御施設等の主要施設には，専任の管理者をおくか，または操作員を限定して管理責任を明確にする。

②　水利用の日時は，決められたローテーション・スケジュールによることが基本であり，スケジュールの変更には関係農家の同意と管理責任者の承認を求める。

③　輪番灌漑が原則であって，ローテーションブロック内では末端組織容量を共有する。したがって，予め施設容量を大きく設計しない限り，勝手な日時の水使用は禁止しなければならない。

④　施設の効率的な利用には，圃場整備と作物の集団化，協同作業化が望ましいが，区画が狭小であったり，作目が混在している場合は，特に隣り同志の区画で農薬の影響が問題となるような作付が行われないよう注意する。

⑤　運営経費は使用水量割合による分担が望ましいが，量水設備や負担金計算の業務上の都合で受益面積割合による経費負担が一般的である。したがって，水利用の順位決定には機会均等の原則が必要であり，特に防除等については適期を有効に配分するよう運営に配慮する。

3．3．2．管理項目

多目的畑地灌漑施設の管理には次のような項目が考えられるが，水利施設の構造・配置と管理制御施設の機能との関連を予め入念に検討し，運営に当たって手落ちのないよう注意する必要がある。

1） 水源の監視・現状把握と水利用計画の立案

・期別計画用水量，有効雨量，供給必要水量（需要水量）

・水利権水量，水源流量の推移，供給可能水量

2） 取水・送配水操作

・水需要の発生，用水の申し込み（末端→中央）

－－－要求の時期時間，要求事項の連絡系統－－－

・取水・送配水操作（中央→末端）

－－－割当て時期時間，割当て条件・順位－－－

3） 緊急時の対応

・緊急対応操作（操作個所，操作方法）

・関係先への連絡（連絡・指令系統）

4） 施設の点検・整備

・水利施設の巡視・操作・整備

・制御施設・装置・機器の操作と保守点検

・電気設備・動力設備の点検と調整

・各種付帯施設の補修，営繕，財産管理

5） 水管理データの収集・整理・解析

・データの集録範囲・集録目的

・データの整理目的・整理方法

・データの解析方法・利用目的

・記録の保管方法・保管期間

6） 渉外関係

・関係機関との対応

・関係他事業との調整

畑地灌漑は，対象となる作物の種類や土壌条件，あるいは気象条件などにより，水需要の形態がきわめて複雑かつ多様である。特に，わが国のような湿潤地域の畑地灌漑では，しばしば水分補給よりも過湿が問題となる場合が多く，干天が続いても次の降雨を期待して灌漑の機会を失するケースが少なくない。異常干ばつ時だけを想定した保険的意味の施設整備の発想のもとでは，水利用の過度集中等で水田の灌漑施設とは違った利用調整の難しさがあり，灌漑施設の操作・管理にもかなりの熟練と労力を要する。したがって，畑地灌漑を地域に定着させていくためには，自然降雨を最大限に有効利用しつつ，必要な時期に適切な灌水を行って水利用の効果を発揮させる工夫とともに，身近な圃場施設として日常的にこれに接し，これを利用する習慣がつくような施設計画上の配慮が必要である。

こうして生まれ育ってきたのが多目的利用であり，水分補給を主としつつ，防除・施肥・除草・凍霜害防止・潮風害防止・微気象調節・風食防止等，圃場管理・作物栽培管理に幅広く利用し，土地生産性とともに労働生産性の向上に貢献しようとする発想である。このような多目的利用の技術は，まず現場技術・圃場技術として傾斜地みかん園等の先進農家で取り入れられ，これを追って技術開発・公共事業化へと進んだ点に特徴がある。圃場管理の省力化，特に適期作業が重要な防除での労力節減・健康管理の問題を解決する画期的な装置化・施設化技術として，その進展に現場サイドから大きな期待が寄せられたものである。

畑地灌漑において輪番制のルールに従って一定時間ごとにバルブを開閉操作する灌水作業は，単純ではあるが一定の人員が拘束され，実労働時間・労働量の割りに負担の大きい作業とされ，わずらわしさの故に施設を十分に使いこなせない例が多くなってきた。これに対して，施設の操作・管理を的確にかつ省力的に行うための有力な方法として自動化が進められてきた。しかし，ともすれば自動化施設そのものの機能が重視され，水利施設のハード面，あるいは水利計画のソフト面との整合性に欠け，多大の投資にもかかわらず期待したほどの成果が得られない結果になりがちであった。自然環境のもとで展開される畑地農業では，作物との触れ合いによる人間の判断と処置を必要とする場面が多く，工業プラントにみられるような完全無人化は不可能であり，またそれ程の施設投資に耐え得ないのが実態である。したがって，水利用の目標を明確にし，この目標を実現するための施設の操作・管理方針をよく練り，その一環として必要な部分に自動化を取り入れるようにすべきであると考えて，問題点の整理とこれに基づく技術の方向付けを追求した。

畑地灌漑施設の管理において，水田灌漑の場合との大きな違いは，管理運営の責任体制

の問題である。わが国における水田灌漑の歴史は古く，「水」を必須条件とする関係上，水源から末端圃場にいたる用配水系の管理操作には，長い歴史の中で培われてきた固有の伝統と秩序がそれぞれの地域に定着している。これに比べて，畑地灌漑の歴史は浅く，もともと水利用の基盤の無かった地域への水利施設の導入だけに，予め受益農家の意思を結集した管理運営の組織作り・方針作りの努力が不可欠である。

a．畑地における水利用の特徴

畑地灌漑施設は，散布ブロックを最小単位とする輪番灌漑を原則とし，ローテーションブロック，灌漑ブロックの順に全体組織が組み立てられているのが普通である。これは，制約のある水源容量を最も効率的に利用すること，水利施設の設備容量を節減してイニシャルコスト及びランニングコストを引き下げることなどをねらいとした組織計画法であるが，同時に水管理操作の省力化にも大変好都合な仕組みである。すなわち，

① 1ローテーションブロック内では，2区以上の散布ブロックの同時使用はない。したがって，末端弁の操作は開－閉，開－閉の順次繰り返し操作となる。

② ローテーションブロック内での水使用量は，最大の散布ブロックの水使用量が上限となり，散布ブロック面積を均一化すれば，ローテーションブロックへの供給水量は0％または100％の単純操作ですむ。

③ 灌漑ブロックごとにファームポンドを設けることにより，末端弁操作によって発生する0％か，さもなくば100％かといった急激な水需要量変化の波及が緩和され，幹線系では緩やかな流況変化を対象とする24時間計画送水が可能となる。

このように，もともと水管理操作がし易いように仕組まれた畑地灌漑施設だけに，計画の意図を良く理解できるように管理員に伝達すれば，円滑な施設運営ができ，その一部を自動化する場合も，比較的簡素なもので十分に機能を発揮するはずであると考えた。

畑地の場合，水田灌漑のような掛け流しとか，湛水を伴う過剰取水は考えられないので，操作を的確にすれば計画に則った水管理が実現できる条件を備えているからである。

b．水利施設の形態と水管理計画

開水路の流れは，落差により高い所から低い所へと流下する性質をもち，流量規制は上流から下流に向かってのみ可能である。流量コントロールの主導権を上流側・水源側が握っている点で上流始動型の水利施設であり，いわゆる供給主導型の水管理になじむ施設形

態といえる。

これに対して，パイプラインの流れは圧力差によって流動する性質をもち，水道の蛇口に代表されるように，末端弁の操作による流量の調節が原則である。上流側でバルブを絞って流量規制をしようとしても，下流側のバルブが開いている限り水は流れ続けて管内が空洞化し，次の操作時に封入空気の圧縮によるトラブルの原因となるので，こうした上流優先のバルブ操作はできない。したがって，パイプラインにおける流量コントロールの主導権は下流側・末端側にあり，下流始動型を基本とする水利施設で，いわゆる需要主導型の水管理になじむ施設形態といえる。

以上は，水路タイプに固有の水理特性に基づく仕分けであるが，実際場面では，これらの水路タイプが組み合わされて水利施設が構成される。

末端圃場レベルでは，必要な時にいつでも，専用のバルブの操作で必要なだけの水を取り出せる自由度が望まれる。農業水利施設のパイプライン化が歓迎され，急速に普及した最大の理由はこの点にある。一方，幹線送水系では，水源容量の制約，ポンプの効率的運転の必要性などから，供給主導の計画送水を必要とする場合が多い。このギャップを埋めるために，ファームポンド等の調整施設が重要な役割を果たす。しかし，ファームポンドへの給水口では一般に，常に池が満水面を保つように弁が動作し，水位低下分を補給する。幹線系がパイプラインの場合，末端での水使用に連動してファームポンドへの給水が行われ，結果として幹線系まで需要主導の動作となり，計画送水が不可能となる。このような場合，幹線からファームポンドへの給水口のバルブ操作を中央一元管理に移すことにより，幹線系の供給主導管理の実をとることができる。逆に，幹線系が開水路の場合に，全線を通じての需要主導の水管理を実現するためには，ファームポンド水位とか末端での使用水量に即応して幹線上流の取水ゲートを操作し供給量を増減するシステムが必要で，これはかなり難解な問題である。

いずれの場合も，水需要の動向を的確に把握し，水利施設の操作に結びつけることが水管理の基本であり，情報収集から一連の制御動作を人力で行うか自動化するかは次の問題である。

c．水管理のネットワーク

繰り返し述べたように，畑地灌漑施設は，特殊な場合を除き，散布ブロックを基本単位とする整然とした階層構成が計画の原則になっている。（注：高級蔬菜地帯や施設園芸地

帯等で，個別利用の要請が強い場合には，一定の枠内で自由度を高めた計画とする場合があるが，このような時でも，ファームポンド容量を大きくする等の方法によって，幹線系の組織容量に累を及ぼさない計画とする必要がある。）任意のスプリンクラーが，各所で突発的かつ無秩序に散水を開始するような水使用はありえないし，またその必要もない。地形や圃場・作物の配置をもとにローテーションブロックが構成され，計画の範囲内での水利用については他のローテーションブロックとは無関係に，自由に運用できる仕組みになっている。このことは畑地灌漑の自動化を考える際の特徴的な条件である。

一方，幹線系からみた場合，末端での水使用の有無は流量の増減，あるいはファームポンド水位の変化を監視していれば把握できるから，ローテーションブロックもしくは灌漑ブロックとして束ねられた「群」単位の動向の監視が重点になり，散布ブロック個々の動きまでを中央で一括管理する必要はない。

このような整然としたブロック構成を前提とする畑地灌漑施設では，水管理のネットワークも単純化が可能であり，幹線系，支線系，末端系の水系区分に応じた階層管理によって十分精度の高い管理運営が期待できる。

現在の高度化した情報処理技術と通信制御技術をもってすれば，ブロック構成の原則を排して，自由な水使用を前提に，最も水を必要としている散布ブロックを選択して送配水を自動で行なうする最適制御のシステムも可能であるが，筆者は敢えてこうした考え方を避けた。農業には作物と人との接触による対応を必要とする場面がなお多く，水管理についても人の介在によるきめ細かな配慮が不可欠だからである。

3．3．3．自　動　化

a．自動化導入の経緯

畑地灌漑に必要な一連の操作を自動化し，作業の省力化を図ろうとする試みは比較的早い時期からあったようであるが，全国的に関心をもたれるようになったのは昭和４０年代以降，つまり畑地灌漑の多目的利用が注目され始めた頃からと考えられる。

戦後，地表灌漑から散水灌漑方式へと主流が移り，移動式から地表定置式スプリンクラーへ，さらに多目的利用へと水利用技術が展開するとともに，畑地灌漑が急速に普及し，その利用度も高まったが，一定時間ごとの給水バルブの順次開閉に過ぎない操作労力が，単純作業だけに問題になってきた。そこで，手動のストップ弁を電磁弁に替え，ポンプ室のタイマーに接続して一定時間ごとにON-OFFを繰り返すようにしたのが自動化の原型とみ

てよく，当時のもので今なお十分に作動しているものも少なくない。地元の農家の弱電技術に詳しい人が中心になり，部品を買い集め自力で組み立てたもの，街の電気屋に試作させたもの等，性能的には幼稚ながら機構が単純なだけに壊れにくく，また故障を起こしても自力で修理できるため苦情を聞かない。

次に出てきたのが信号方式による自動化である。初期のものは，制御室と電磁弁とを1対1で結んだ直流直送式で，素人判りが良く単純であるが，圃場内配線の費用が著しく大きく，電圧降下による伝送距離の制約などから，システムの支配規模が大きくなると不都合が生じてきた。パルスコード・周波数等の信号方式の採用により，圃場内配線は2線式ケーブルで済むようになり，合理化が進んだ。他の産業分野では常識ともいえる信号方式の導入と並行して，制御装置の体裁・内容の充実したものが整備されるようになり，機能的には一種のシーケンス制御に過ぎないが「畑灌の完全自動化」と喧伝されたものである。

畑地灌漑の自動化について問題が出てきたのもこの頃からである。

トラブルの主要なものは湿害と雷等の外乱である。室内での使用を前提として開発された機器を苛酷な野外で用い，しかも保守管理も行き届かぬ状態では故障も当然であるが，圃場内の埋設ケーブルが高圧線・整備不良車・トランシーバ等のノイズを拾って誤動作し，特に誘導雷で簡単にダウンする例が相次いだのは致命的であった。旧型の電磁リレー方式から新しいＩＣ回路方式に転換し，高速・軽量化が進んだ結果，高感度が災いして旧型では無視できた使用環境の優劣が表面化したものである。

また，水利施設本体と制御系との設計思想の不一致によるトラブルも多く，例えば，配水パイプの破裂・漏水を需要増加と検知して加圧送水し，下流河川を農薬で白濁させてしまうなど，事前の総合調整を欠いたための初歩的なミスがほとんどであった。

一方，農業側に特段の規格・規定がないため，コストダウンのために屋内用ビニール・コードを圃場用の通信回線に用いた例など，他分野では適用外の部品・部材を用いた非常識な装置・機器が出回って現場が混乱し，自動化のメリットを帳消しにし悪評だけが流布される時期が続いた。筆者は農水省で基盤整備事業の中で実施する畑地灌漑施設の計画基準の策定のための調査・研究，特に管理制御施設の課題について検討を進めてきたが，自動化に当たっての留意事項と，具備すべき条件を特に強調したのは，現地実態調査によって明らかになった以上のような経緯によるものである。

電気的な自動化と並行して，水力機械による機械的な自動化方式が検討された時期がある。自動転換弁とか順次作動弁，自動切換え給水弁等が製品化され，一部地区に採用され

たが，その後の進展ははかばかしくないようである。これらは，バルブ自体に圧力変化に反応して動作し流路を切り替える機構を仕組み，送水系の圧力信号，すなわちポンプまたはバルブ操作による管内水圧の変化を感じて自力で動作するものである。構想を実現するには機器の性能が不十分であったことと，電気的自動化の多機能性・柔軟性に及ばなかったことが発展の妨げになったものと思われる。[72)73)]

なお，畑地灌漑施設の自動化に当たって，灌漑作業時間の延長による施設容量の縮減で自動化コストをカバーする，というのが当初の基本的な考え方であった。人力による場合，ピーク時１日１２～１６時間程度の灌漑作業時間を前提として施設容量を決めるのに対して，自動化した場合は２０時間以上，２４時間灌漑も可能となるため，ポンプを始め管路系全般の工事費が１０～２０％の節減となり，これに見合う額が自動化投資の一つの目安とされた。多面的な判断を要し，必ずしもこれだけの要因で判断できる問題ではないが，過剰投資に対する歯止めとして初心を思い起こす必要があろう。

b．水管理の仕組みと自動化

畑地灌漑の分野では，「自動化」という言葉がやや広義に用いられ，人為操作・手動操作に対比する形での呼ばれ方が一般化している。

先ず，幹線送水系については，開水路ではバランス型またはフロート式の自動ゲートにより，またパイプラインでは差圧感応型の調圧バルブにより無人で流量調整ができる。ファームポンドへの給水は，給水口にディスクバルブ等のフロートバルブを設けることにより，常に満水を保つように自力で動作する。したがって，渇水時に供給水量を規制しようとする場合や，水路系の安全管理のために一元的操作管理を必要とする場合のほかは，管理を集中制御によって行う必要がない。ただ，分水量とかファームポンド水位等の情報を１ヶ所にまとめて監視できる仕組みがあれば好都合であろう。

次に，かんがいブロックの管理については，ポンプの起動から停止にいたる一連の操作をマイナーループ自動化し，ファームポンドの下限水位でロックをかけるようにしておけば，末端の水利用は計画条件の範囲内で自由になる。この場合も，ポンプのON-OFFの現況が中央で監視できれば都合がよい。

末端の散水弁の操作は，計画上の所定個数以上の同時使用は許されないから，人を限定して操作を任せるのが原則である。道路沿いに散水弁を整然と配列し，あるいは足場の悪い傾斜畑等では数個の散水弁を１ヶ所にまとめる等の方法により，弁操作の労力は大幅に

軽減される。これを自動化する場合は，決められたON-OFF動作の繰り返しに過ぎないので，タイマーに連動させた単純な機構でこと足りる。

このように見てくると，計画的にブロック構成された畑地灌漑組織では，水の動きそのものを正確な情報源として活用し水源から末端まで連絡がとれるので，これに僅かな監視機能を付加するだけでも，極めて有効な水管理のネットワークが構成できる。仮に分水工の流量調節等を中央から行えるようにする場合も，基本になる水利組織が体系的に整理されたものであれば，制御系を大幅に単純化できる。つまり，水利施設のハード面の計画・設計を入念に行うことが基本で，その場合の自動化は容易であるが，その逆は技術的に難しくまた多額の経費を要するので絶対に避けるべきである。

c．末端自動化の形式

かんがいブロックまたはローテーションブロックを単位とする自動化の対象は，

① ポンプの運転操作等，送配水の自動化

② ローテーションブロックへの分水の制御

③ 末端散水の自動化

④ 農薬・液肥等の混入及び残液の回収操作

⑤ 水路系の異常の監視及び対策

等となる。

①については，ポンプ廻りの一連の動作の自動運転方式が確立しているので，外部からはON-OFF指令を発するのがよい。

②については，定流量弁や定圧弁を用いるのが合理的であり，遠隔制御等により流量の任意可変制御を必要とするケースはほとんどない。

④は，各種方式の機種が開発されているが，水路系に接続されたこれらの装置にON-OFF指令を入力するだけで，必要な連携動作ができるようにするのがよい。

したがって，末端の自動化は，散水指令と，水路系異常の監視が中心となり，併せて上位システム及び関連装置・機器との連動機能が具備すべき機能の条件となる。

末端散水の自動化方式として現在用いられているものには，①集中制御型，②自動弁型，及び③組合せ型がある。

集中制御型は，散布ブロックへの分水制御弁に電磁弁・電動弁・流体圧弁等を用い，制御室からの指令信号によって任意の弁を所定の時間間隔で開閉操作するもので，上位シス

テムや関連装置・機器との連動も容易で，現在自動化の主流になっている。

自動弁型は，パイプラインの水圧を制御信号及び動力にして動作する自力制御弁を用いたシステムである。比較的多く用いられている例では，回転式流量計を組み込んだ主弁と水圧リレーで動作する切替弁をセットにし，予め流量計に散布量を設定して散布が終わると水圧リレーが働いて次のブロックの散布に移る仕組みのものがある。制御用の配線を要しない点で簡潔なシステムといえるが，予め全部のバルブに所定の流量をセットして歩く労力の点と，降雨による中断・再開等の突発的な操作に対して制御室からの集中指令の及ばないのが欠点といえる。

どのような方式を採用するにしても，その地区で必要とする条件を明確にし，その条件に合致しかつ必要最低限の機能を目標とすることが大切である。最新の技術をもってすれば，上を望めば際限がなく，いたずらに高機能・特殊機能を追って不要不急の装置を抱え込む結果になりかねないからである。

なお，筆者は電磁弁・電動弁と機械的自動弁の中間に位置する流体圧弁による制御システムを開発し国有特許を取得した。これは電気信号の代わりに水・空気等の圧力信号を送って目的のバルブを開閉操作する方式で，湿気や雷に弱い電気的システムの欠点を克服し，故障しにくく保守管理も容易な農業向きのシステムを目指したものである。野外の過酷な環境条件の下で，電気や精密機器の利用には不都合な問題が多いが，この方式は簡便・堅牢で無点検・無故障の評価を得て数十地区に導入され，現在も安定して稼働している。ただし，電気に比べると動作が一呼吸遅れる弱点がある。[74]

d．畑地灌漑の自動制御装置

自動化の普及は，畑地灌漑，特に多目的利用に当たって多大の効果をもたらしたが，技術的には多くの問題も残した。二十数年にわたる全国各地での実績と苦い経験を踏まえ，これを次の世代の技術に活かす努力が必要である。

共通的な問題点を拾ってみると，

① 施設計画のねらいが明確でなく，あれもこれもと多様な機能を総花的に取り入れて，一見高級化したものの，システムを統括する安全管理等の重要な項目が欠落したこと。

② 工業プラント等に比べて，要求される機能が単純なため，安易に既存の機器を用い，予想外に厳しい野外での使用条件に適応できず，専用部品等の開発に手間取ったこと。

③ 操作管理の主体が農家で，この種の装置の特性・使用技術についての知識が乏しく，

必ずしも適正な保守管理が及ばなかったこと。

④　ユーザーとメーカーとの打ち合せに際して，共通の評価尺度がなく，整備すべき施設・装置への要求条項について十分な対話がなし得なかったこと。

⑤　装置・機器等の特性，特にその安全性・安定性について，設計提案時及び整備終了時にチェックの方法がなく，時には責任のなすり合いに終わる場合が多いこと。

等，新しい技術を導入する際に陥りやすい混乱のもとで試行錯誤を繰り返してきた。

こうした中で，筆者は共通事項として使用条件の特殊性を踏まえた部品・部材の選定目標と装置・機器の設計条件を明確にするとともに，機能レベルを5段階に設定して自動制御装置としての具備すべき範囲を規定し，これを農水省の計画基準に反映させた。

特に，機能レベルについては，畑地灌漑の自動化を考える場合の必要最低限の機能（E級：機能が極めて簡易なもの）をベースとして，これに順次機能を付加し，想定される必要にして十分な機能（A級：機能が極めて高度なもの）になるように整理した。自動化の程度と範囲に基づく共通の尺度を設けることにより，簡易＝安価，高度＝高価と言った評価が出来るように，また不要不急の付加機能にまどわされて必須の機能が欠落することのないよう配慮したものである。

関係協会・団体に問題を提起し，筆者の原案に若干の追加・修正を行い，事業実施地区での試行を経て計画基準（参考資料）に採択された。[75]

3．3．4．畑地灌漑の水管理組織と運営

畑地灌漑施設の機能を活かした使い方が出来るかどうかは，受け入れ体制の如何に掛かっている。事業実施地区の例で見ても，熱意と指導力をもったリーダーのもとに体制の整備された地区では，施設の使用頻度も高く事業効果を上げているのに対して，トラブルが多く不平不満の多い地区では，施設の問題のほか管理体制が弱い場合が多い。

先にも述べたとおり，畑地灌漑には水田作のような長い歴史に裏打ちされた水利の伝統が無いので，計画から事業実施の過程で組織作りに努め，施設計画の中に受益者の意向を反映させるとともに，計画の趣旨・内容についてよく理解を得ておく必要がある。施設の計画方針に従った管理運営をさせる場合でも，使い方の希望に合わせた施設計画とする場合でも，この両者のマッチングこそ良い畑地灌漑施設として活用されるための必要不可欠の要素だからである。

管理運営計画を定める際には，重点事項を明記し，これを施設の操作手順をも含めて操

作室の目につきやすい場所に掲示しておく必要がある。特に，事故等の緊急時の対応，連絡先等はできるだけ判りやすくしておくことが望ましい。時とともに人が移り変わり，当初の計画意図が伝わらなくなることの無いよう，記録を残す意味で，簡単な書式の操作管理・保守点検の日誌を用意することも必要となろう。

管理組織と管理運営計画は，畑地灌漑の成否に係わる計画設計・工事実施に並ぶ重要な問題で，配慮すべき課題も多い。特に，高性能で省力的な施設・装置が求められる現在，金さえかければ良いものが出来るとする安易な考え方がある反面，新しいもの，特殊なものに異常な拒絶反応を示す向きもあって，一律に論じられない難しさがある。管理計画の一環として，必然性に根ざした施設計画になるのが理想ではないかと考えられる。

3．4．水管理制御システムの計画目標

土地改良事業で造成するダム，頭首工及び基幹的用水路の水管理制御施設を計画・設計する際に考慮すべき基本的な事項，検討の手順・範囲，システム構成及び管理レベルの判断の素材提供をねらいとして，一般的な技術指針の策定を行った。[76)]

特に，管理レベルの設定は初期投資及び維持運営経費に係る経済性，並びに施工後の使い易さに影響する重要な課題であるが，とかく担当者の個人的な価値判断に左右されやすく，公共投資を伴う事業においては計画・設計の合理性・整合性が論議の対象になりながら，見解を整理するには至っていなかった。

筆者は，構造改善局建設部の要請を受けて検討委員会に参画し，前述の小規模な畑地潅漑施設を対象とする管理制御システムの標準メニューを作成した経験から，次のような「目標」と「条件」を設定し，共通的・客観的な評価基準の策定に留意した。

水管理システム計画は次の事項を目標として作成する。

1．水の有効利用　：必要量の確実な取水，必要な貯水量の確保，水源利用順位の規制
2．水の合理的配分：使用割合の維持，時期的・時間的需要量の変動への対応，地域的需要量変動への対応
3．施設の保全と災害の防止：施設・機器等の以上の早期発見と保護
4．管理経費の節減：運用操作の動力費の節減，管理労務費の節減
5．そ　の　他　：連絡・通報の即応性

水管理制御施設計画は次の条件を考慮して作成する。

1．構成が単純で動作の信頼性が高いものであること。

2．制御が簡単で誤動作のおそれのないこと。

3．一部の故障が全体の制御に著しい影響を与えないこと。

4．設置される環境に十分耐えるものであること。

5．維持管理が容易で管理費が安いこと。

6．制御内容等の軽度の変更にも対応できる施設であること。

3．5．水管理システムの構成

3．5．1．管理制御の対象施設

表－8　管理制御の対象施設

施設名	対象範囲	
ダム	1．放流設備 2．取水設備	1．観測設備（ダム本体を除く） 2．放流警報設備 3．気象観測設備
頭首工	1．取水堰 2．取水工	
用水路	1．分水工 2．放余水工 3．水位調節工 4．除塵工	

3．5．2．制御方式

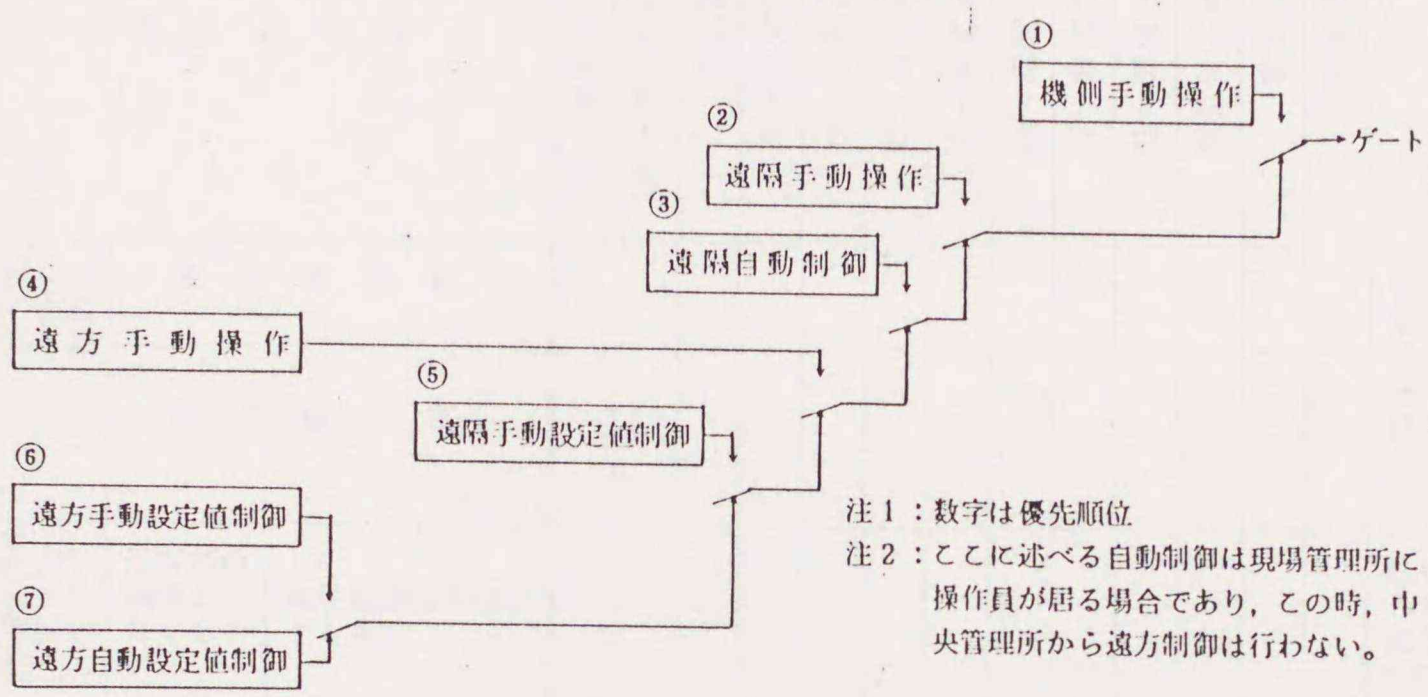
a．操作形態及び優先順位

被制御機器に対する操作指令の主体の現在地点により，現場操作と遠方操作に分けられ，操作方法によって手動操作と自動操作に分けられる。

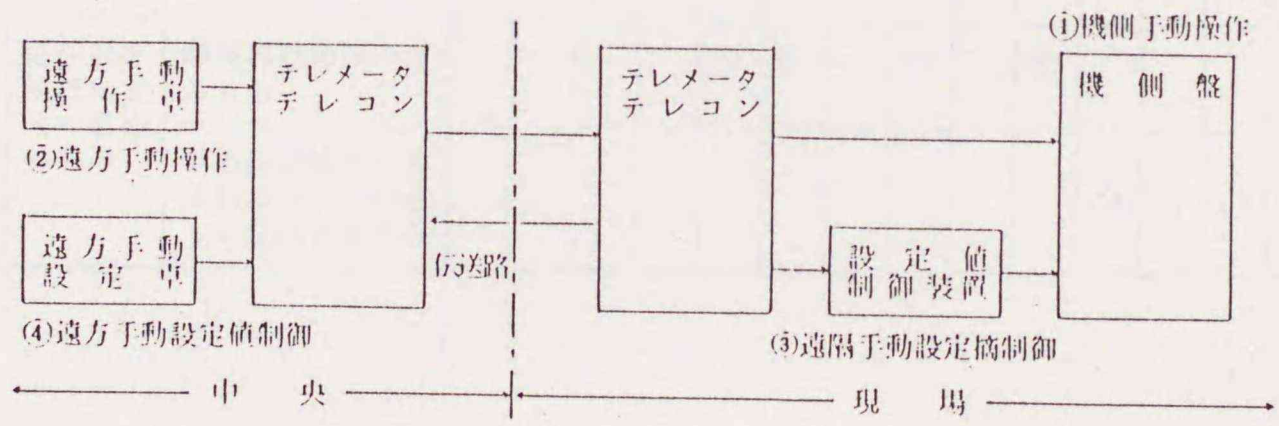
- 現場操作
  - 機側手動操作
  - 遠隔操作
    - 遠隔手動操作
    - 遠隔手動設定値制御
    - 遠隔自動操作
- 遠方操作
  - 遠方手動操作
  - 遠方手動設定値制御
  - 遠方自動設定値制御

操作の優先順位は，原則として，操作方法については，①手動操作・②自動操作の順，操作場所からは，①現場操作・②遠方操作の順とする。

各種操作形態に応じた優先順位及び操作の位置関係を図－１５，図－１６に示す。



図－１５　操作形態概念図



図－１６　操作装置の位置関係

b．制御方式

水管理に用いられる制御方式を整理して表－９　に示す。ダム，頭首工，用水路等の管理に適用する場合は，平水時・洪水時で異なるが一般的な制御方式を例示すれば表－１０のようである。

表－9　制御方式

制御方式			1全開／全閉制御Ⅰ型	2全開／全閉制御Ⅱ型	3設定開度制御	4設定水位制御Ⅰ型	5設定水位制御Ⅱ型	6設定水位制御Ⅲ型	7設定流量制御Ⅰ型	8設定流量制御Ⅱ型	9設定圧力制御Ⅰ型	10設定圧力制御Ⅱ型	11設定比率分水制御	12定量放流制御	13定率放流制御	備考
条件により全開／全閉動作するもの	設定値固定		○													電極棒など設定が固定
	設定値可変			○												指示計警報接点，水位計リミット接点など手動で設定を変えることのできるもの
条件により定められた値に動作するもの	動作量の演算をしないもの	施設動作量を指示するもの			○											設定を手動で変えられるもので，水位・流量等を目標値として施設を制御する
		制御目標値を指示すると，不感帯内に納まるよう施設が作動するもの				○			○		○					設定を手動で変えられるもので，水位・流量等を目標値として施設を制御する
	動作量を演算によって求めるもの	制御目標値が一定のもの					○	○		○		○				例：Ｐ制御 ＰＩ制御　等
		制御目標値が定められたルールによって変化するもの											○	○	○	

3．6．管理レベル

水管理システムの計画にあたっては，水の有効利用，用水の適正な取水と配分，施設の安全確保及び維持管理の合理化等を図るため，運用体制，システムの監視及び記録，制御方式等の管理レベルを設定する。

管理レベルの設定により，システムの機能・効用が左右され，経済性にも影響するため，入念な手順と方法により，その施設に最も適合したシステム選定する必要がある。

管理レベルは管理操作の場所，監視・記録レベル，操作手段により表－１１，表－１２，及び表－１３　のように区分できる。

表－１０　施設への制御方式の適用

区分	施設名		計測 開度	計測 水位	計測 流量	計測 圧力	制御方式 1全開全閉制御Ⅰ型	2全開全閉制御Ⅱ型	3設定開度制御	4設定水位制御Ⅰ型	5設定水位制御Ⅱ型	6設定水位制御Ⅲ型	7設定流量制御Ⅰ型	8設定流量制御Ⅱ型	9設定圧力制御Ⅰ型	10設定圧力制御Ⅱ型	11設定比率分水制御	12定量放流制御	13定率放流制御	備考
ダム	洪水吐ゲート	平水時	○	○							○	○								
		洪水時	○	○								○						○	○	
	取水バルブ		○	○					○					○						
	表面取水ゲート		○	○			○		○											
	貫任放流バルブ		○	○	○				○					○						
頭首工	取水堰ゲート	平水時	○	○							○	○								
		洪水時	○	○			○	○												
	取入口ゲート	平水時	○	○										○						
		洪水時	○	○										○						取水制御方式８の適用は，上・工水等の取水がある場合
用水路	調節ゲート		○	○					○	○	○									
	分水ゲート・バルブ		○	○	○	○							○	○	○	○	○			
	背割分水ゲート		○	○					○											
	放水ゲート		○	○			○	○	○											

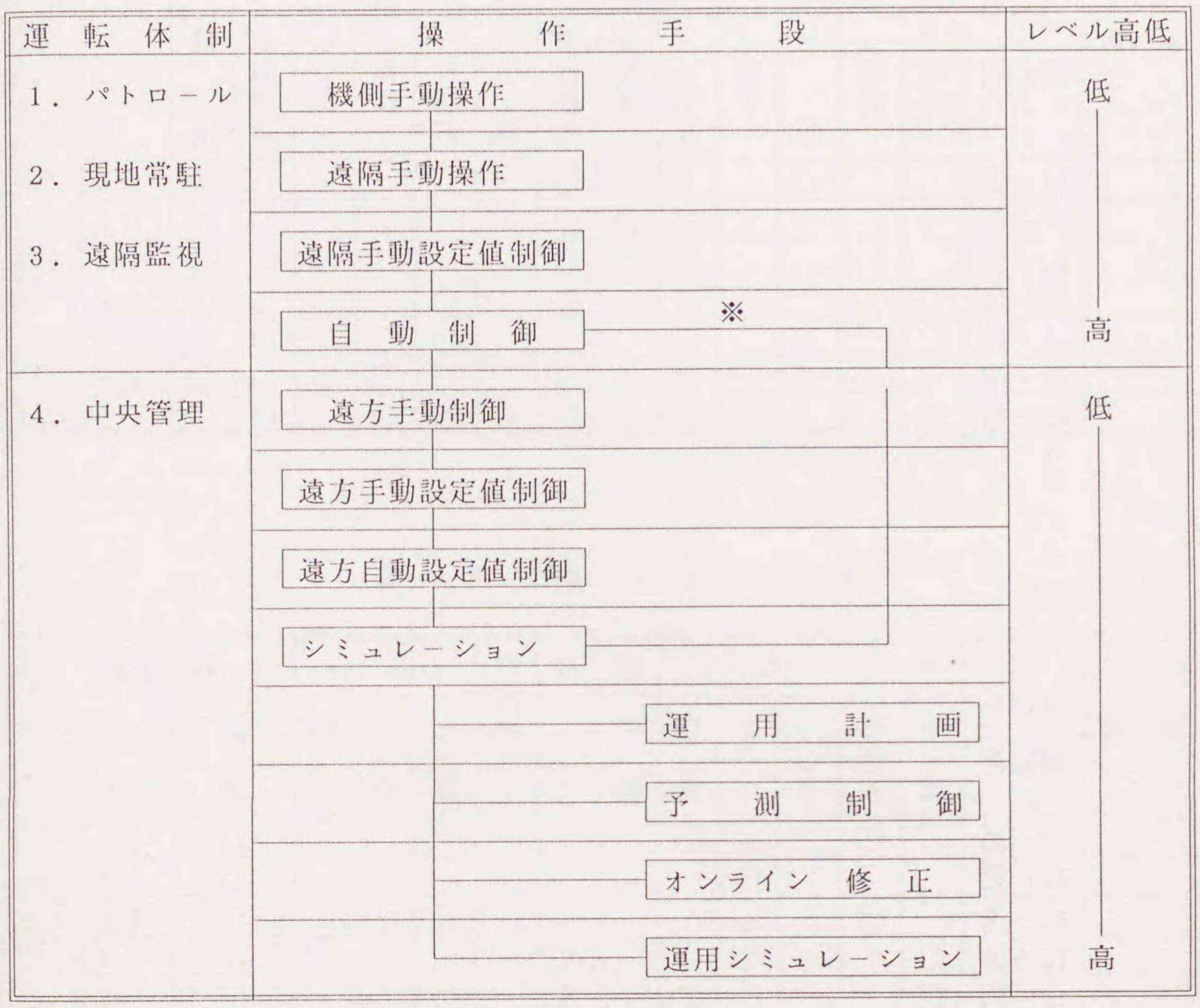
表－１１　操作管理場所

管理操作場所	運転体制	レベル高低
１．パトロール	巡回監視	低
２．現場（施設側）	機側操作	｜
	遠隔操作	高
３．中央管理所	中央管理	高

表－１２　監視・記録レベル

運転体制	監視レベル	記録レベル	レベル高低
1．パトロール 2．現地常駐 3．遠隔監視	目視確認	記録なし	低
	計測指示監視	手書記録	―
4．中央管理	中央集中監視 (ｸﾞﾗﾌｨｯｸﾊﾟﾈﾙ)	記録計による アナログ記録	高
	ＣＲＴﾃﾞｨｽﾌﾟﾚｲ表示	日報記録 操作記録	低
		日報（演算データ） 月報（演算データ） 警報記録 操作記録	―
		予測結果の記録	高

表－１３　操作手段



管理レベルは，水利施設の事業目的，規模，操作・運用体制等が，地区ごとに異なるため，一概に規定し難い面をもっているが，システムの計画・設計にあたっての共通の評価尺度として，レベル設定を試みた。ここでは，ごく一般的な管理形態を想定してシステムを現場側と中央側に分類し，現場側７レベル，中央側８レベルに区分した。

もとより，ここで設定した管理レベルは，標準的な指標であり，実際の計画には当該地区の固有の条件を加味して，その地区に最も適したシステム構成とする検討が必要である。

表－１４に現場側の管理レベル区分を，表－１５に中央側の管理レベル区分を示す。また，これらの管理レベル区分に対応するシステム構成例を図－１７～図－３１に示す。

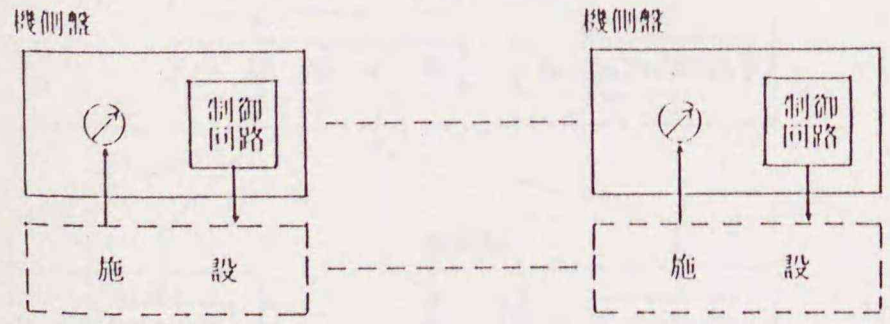
これらの結果を総括し，各施設等に対するレベル選定の共通的な要因を表－１６に示した。

表－１４　管理レベル区分（現場側）

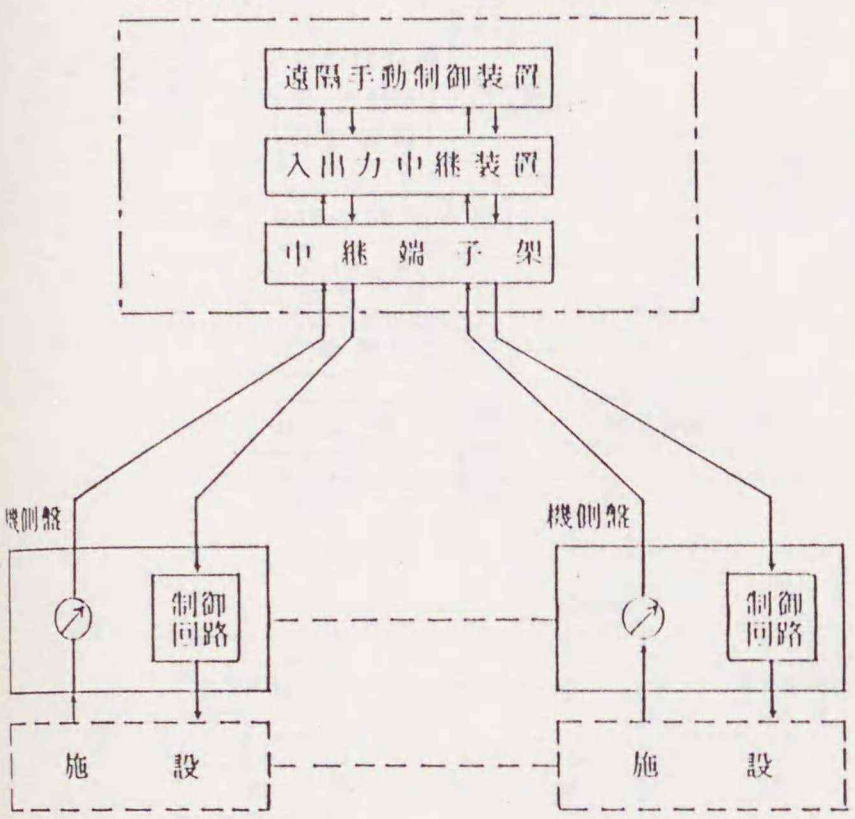
機能 / レベル		手動制御			自動制御	処理		監視				記録			システム構成図	備考
		機側	現場管理	設定値		データ処理	予測	機側指示	表示盤	グラパネ	CRT	日誌	記録計	T／W		
A	A-1	○						○				○			図－17	
	A-2	○	○					○	○				○		図－18	
	A-3	○	○	○				○	○				○		図－19	
B	B-1	○	○	○		○		○		○				○	図－20	
	B-2	○	○	○	○	○		○		○				○	図－21	
	B-3	○	○	○	○	○		○		○	○			○	図－22	
C	C-1	○	○	○	○	○	○	○		○	○			○	図－23	

表－１５　管理レベル区分（中央側）

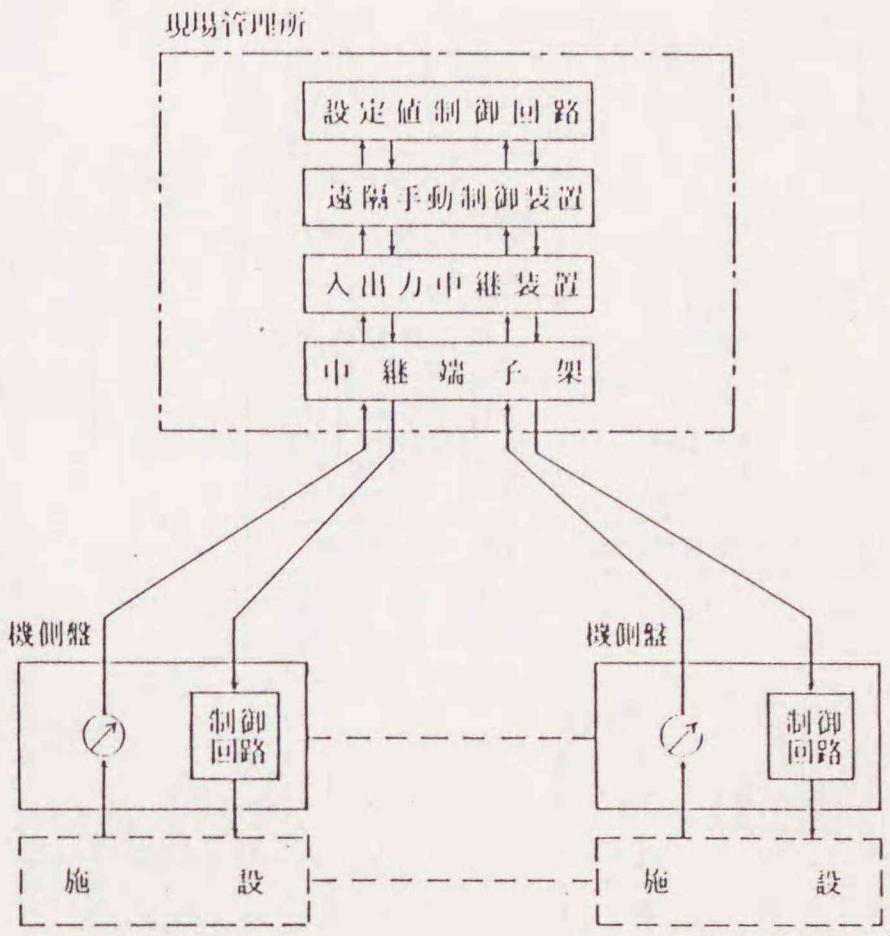
機能 / レベル		テレメータ	テレコントロール		自動制御	処理		監視			記録		システム構成図	備考
		監視	ON／OFF	設定値		データ	予測	表示盤	Gパネ	CRT	記録計	T／W		
X	X-1	○						○			○		図－24	
	X-2	○	○						○		○		図－25	
	X-3	○	○	○					○		○		図－26	
Y	Y-1	○				○			○			○	図－27	
	Y-2	○	○	○		○			○			○	図－28	
	Y-3	○	○	○	○	○			○			○	図－29	
	Y-4	○	○	○	○	○			○	○		○	図－30	
Z	Z-1	○	○	○	○	○	○		○	○		○	図－31	



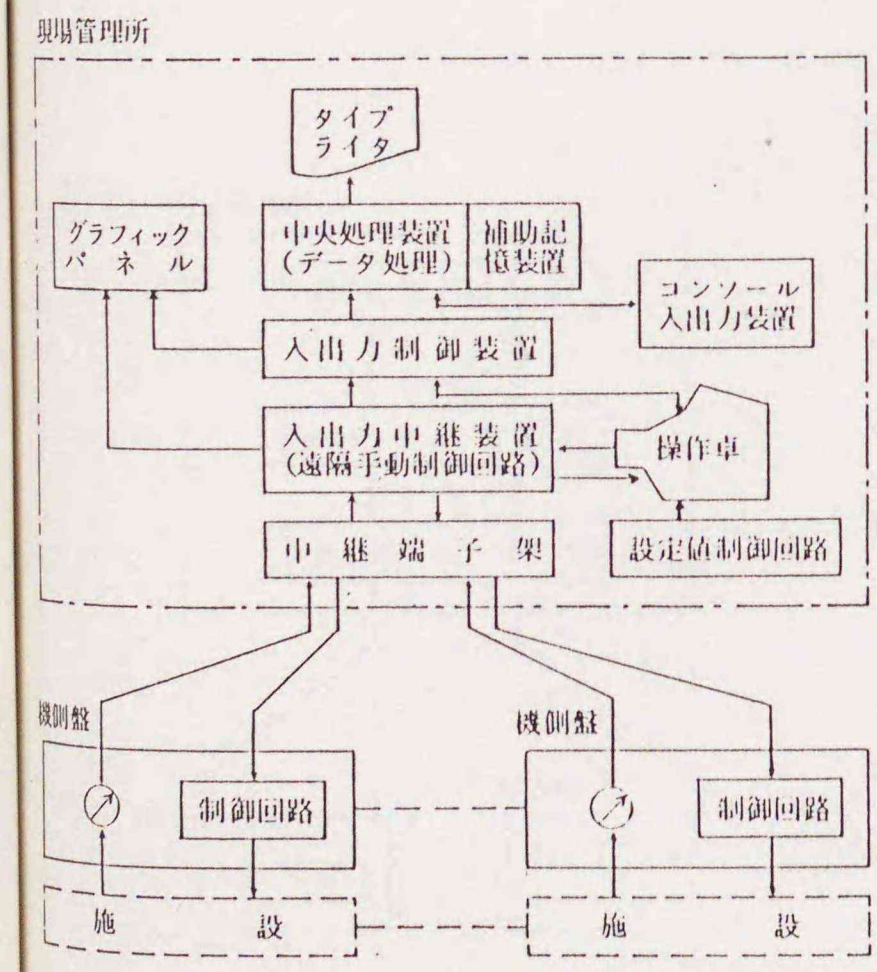
図－１７　ﾚﾍﾞﾙA-1ｼｽﾃﾑ構成図



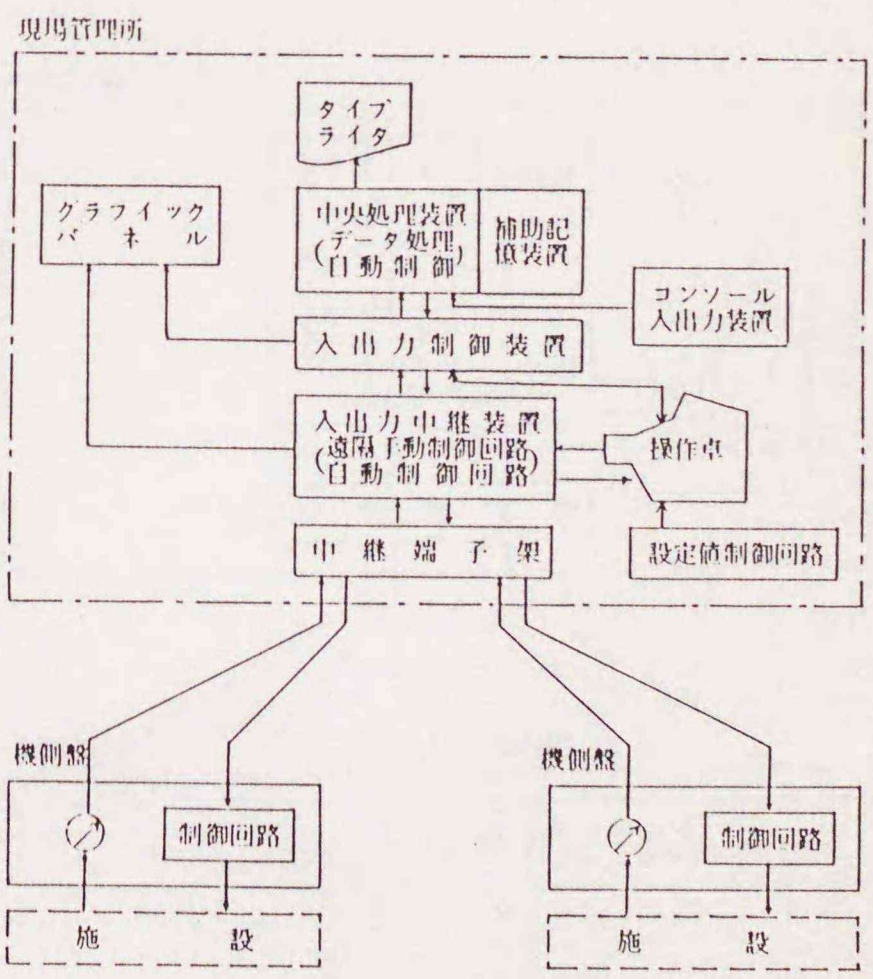
図－１８　ﾚﾍﾞﾙA-2ｼｽﾃﾑ構成例



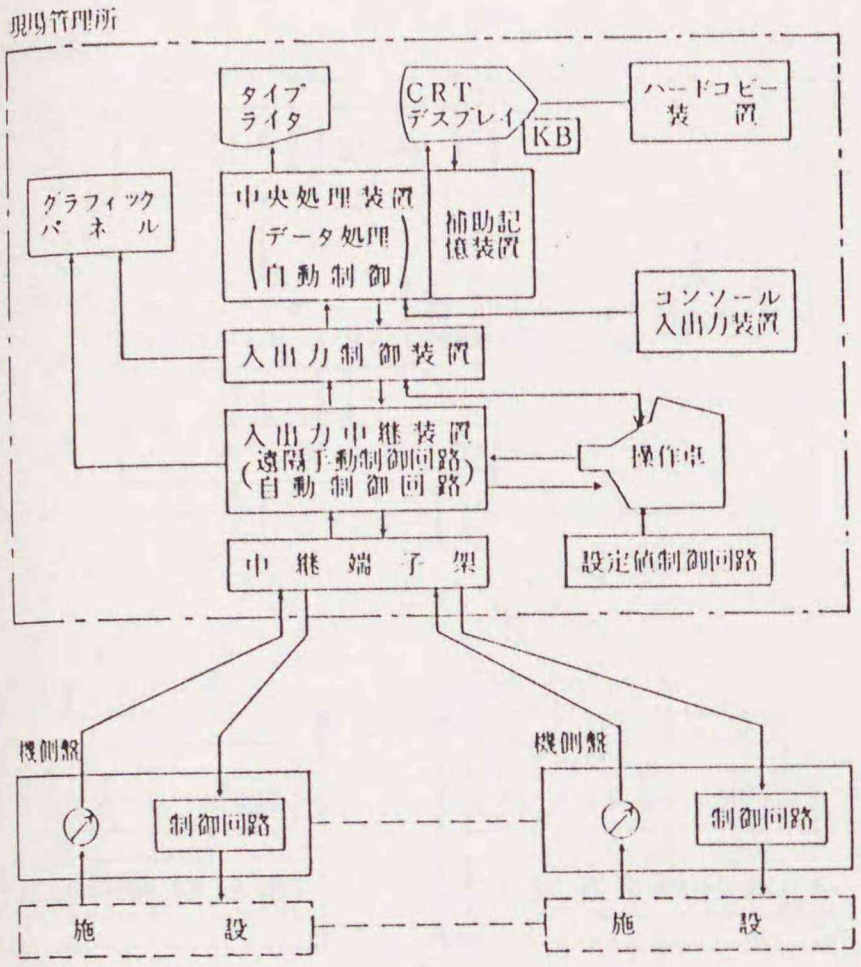
図－１９　ﾚﾍﾞﾙA-3ｼｽﾃﾑ構成例



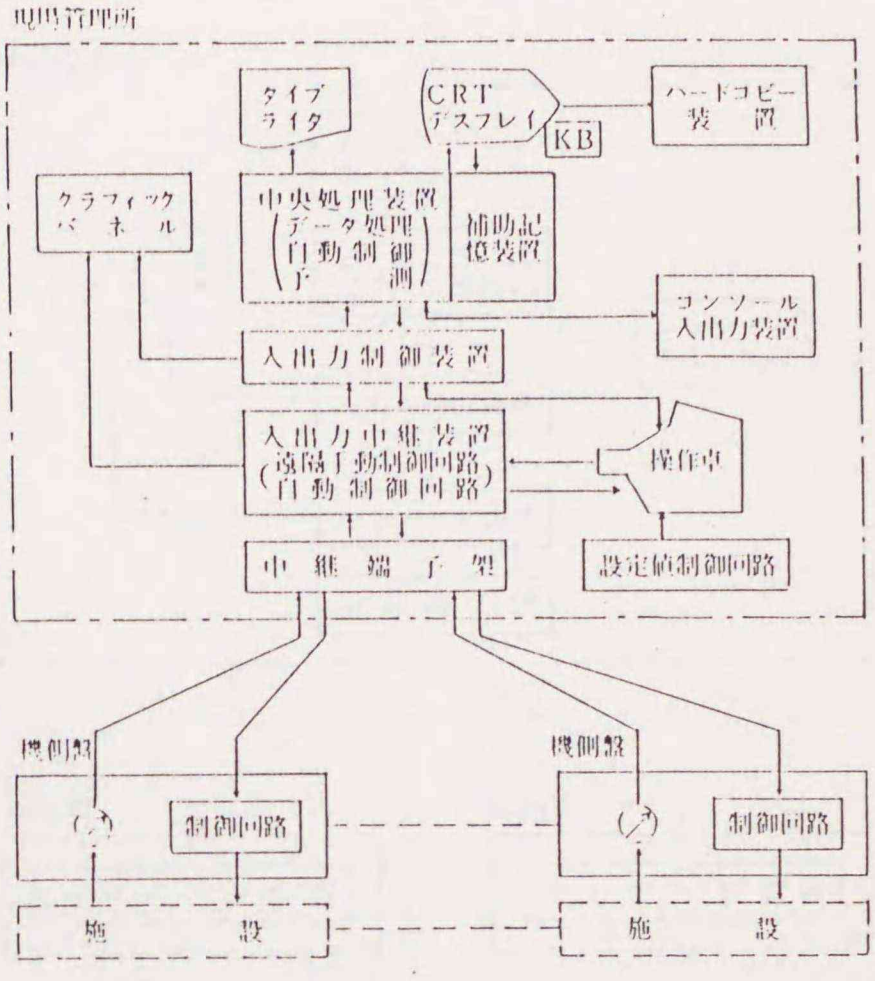
図－２０　ﾚﾍﾞﾙB-1ｼｽﾃﾑ構成例



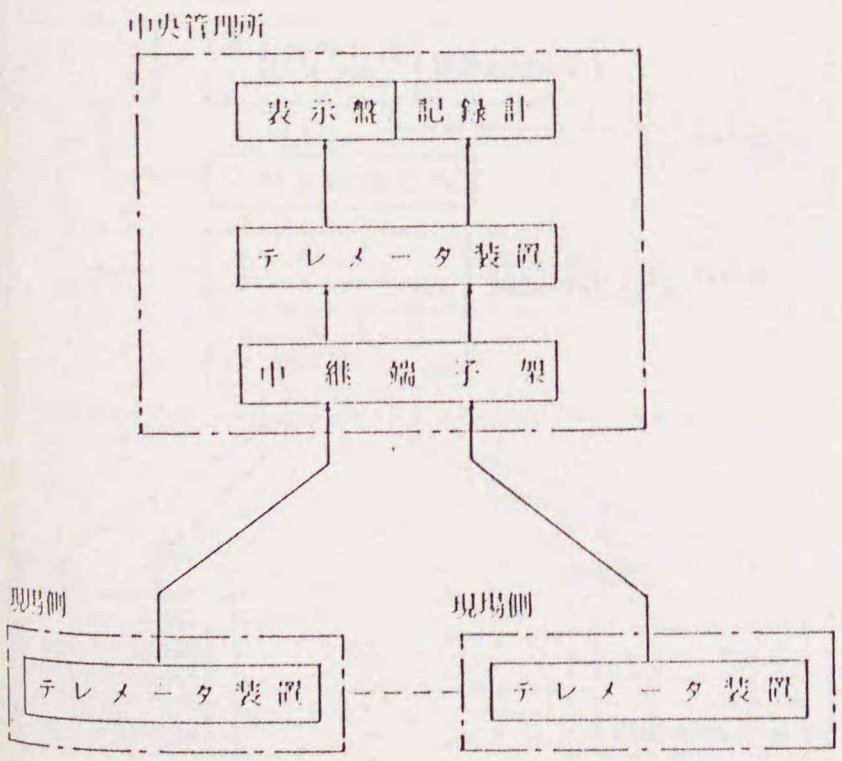
図－２１　ﾚﾍﾞﾙB-2ｼｽﾃﾑ構成例



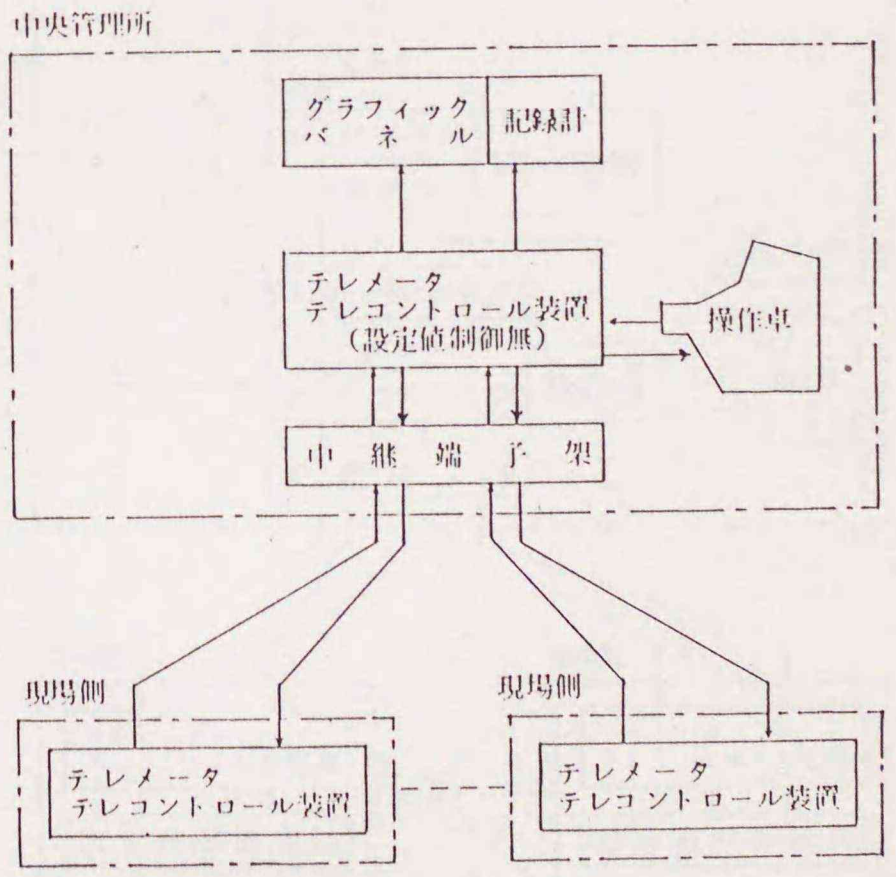
図－２２　ﾚﾍﾞﾙB-3ｼｽﾃﾑ構成例



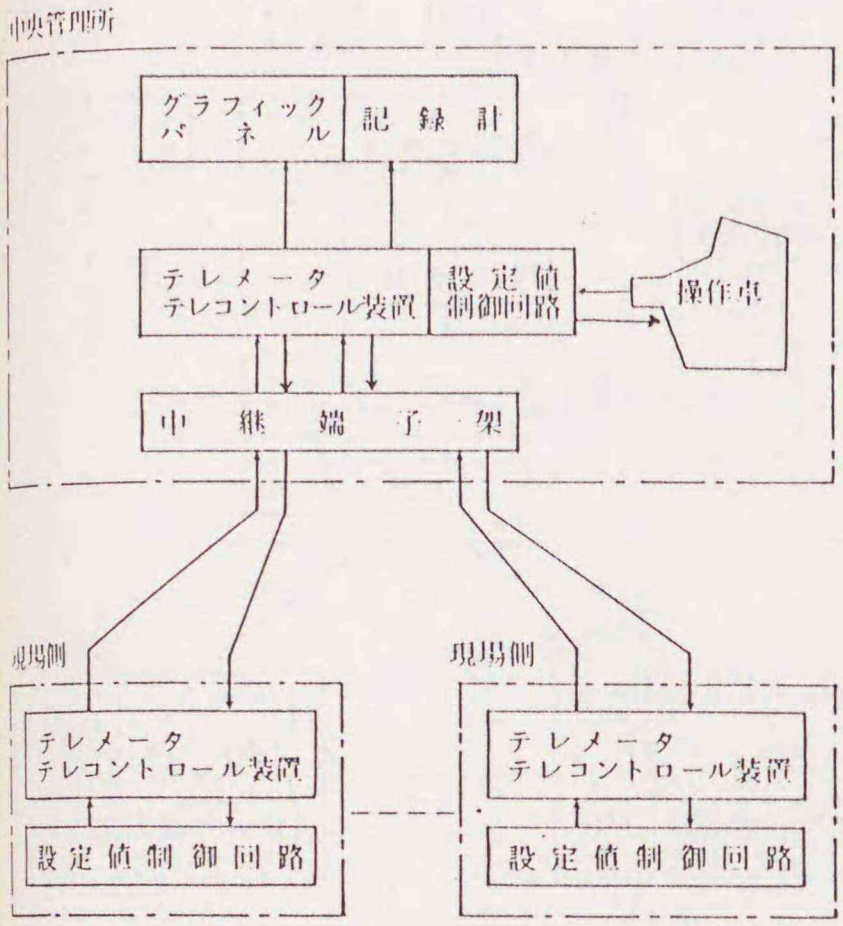
図－２３　ﾚﾍﾞﾙC-1ｼｽﾃﾑ構成例



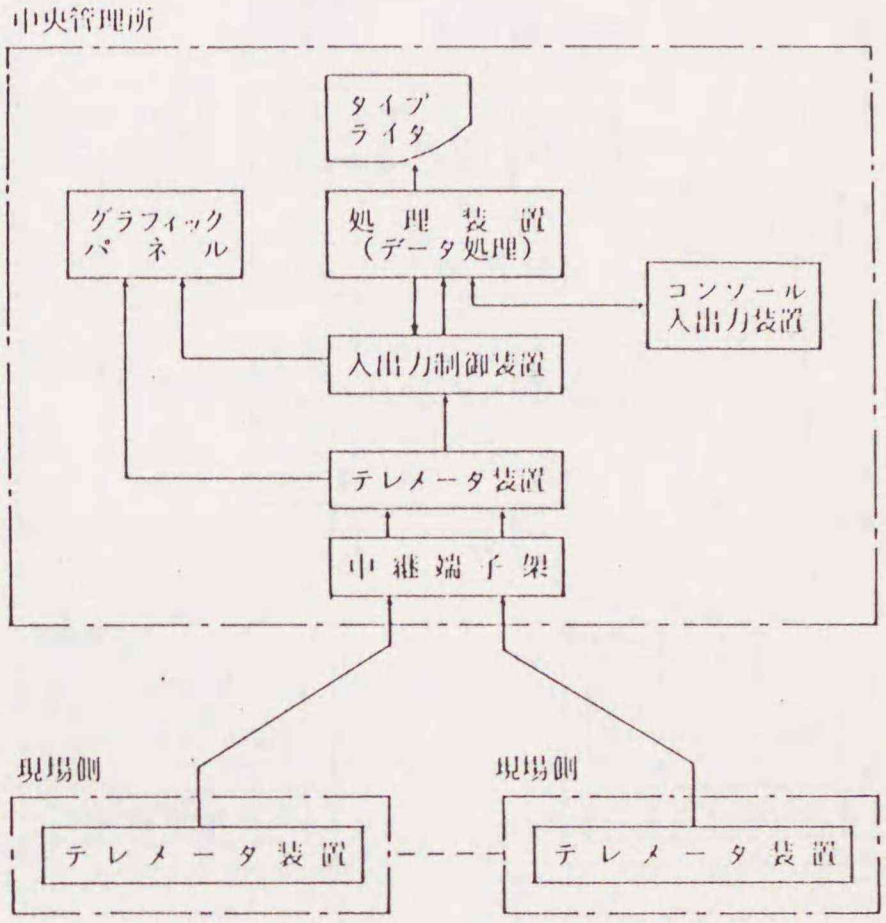
図－２４　ﾚﾍﾞﾙX-1ｼｽﾃﾑ構成例



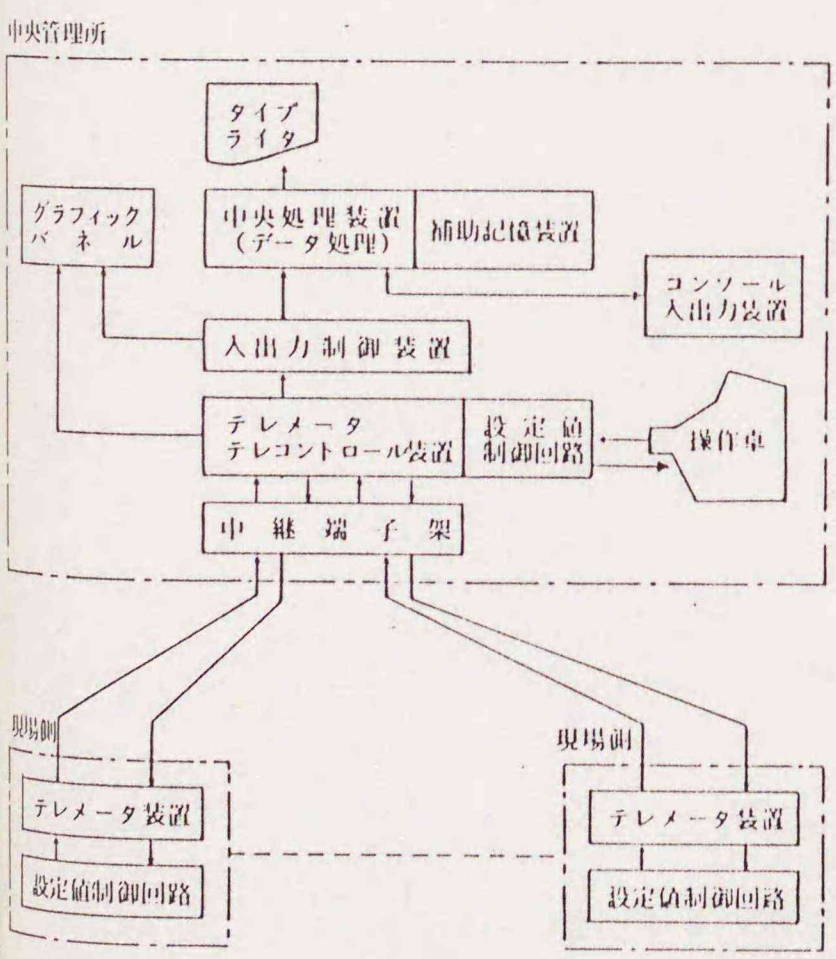
図－２５　ﾚﾍﾞﾙX-2ｼｽﾃﾑ構成例



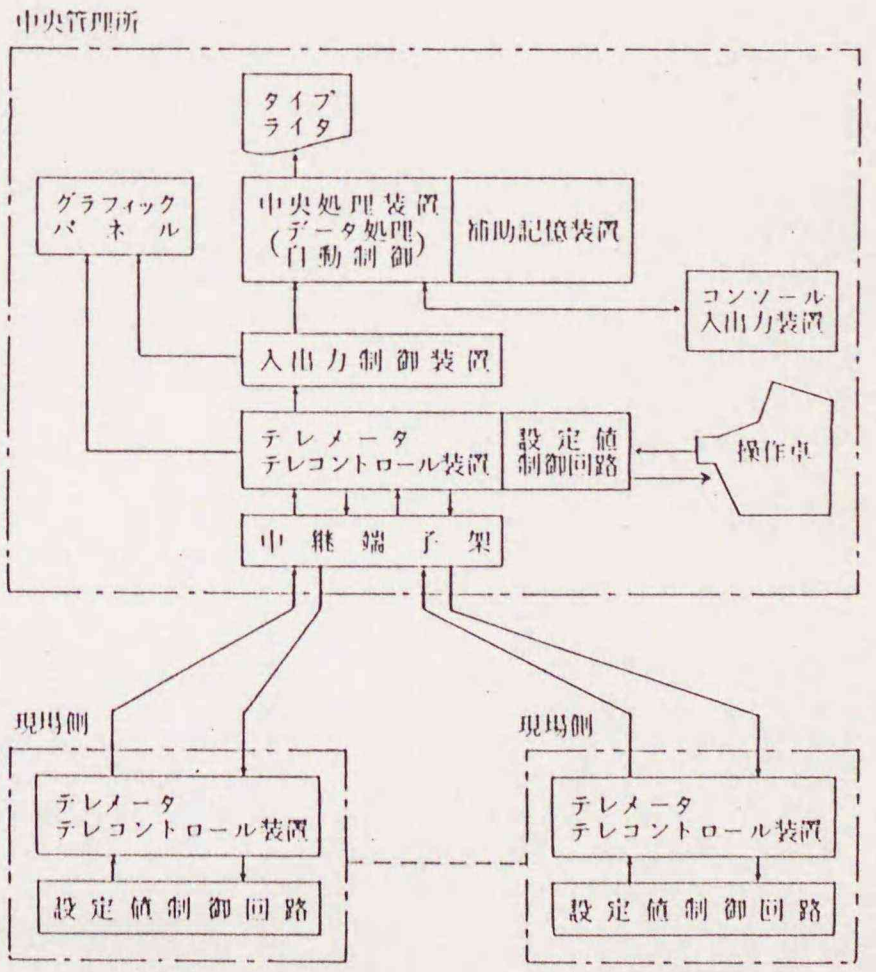
図－２６　ﾚﾍﾞﾙX-3ｼｽﾃﾑ構成例



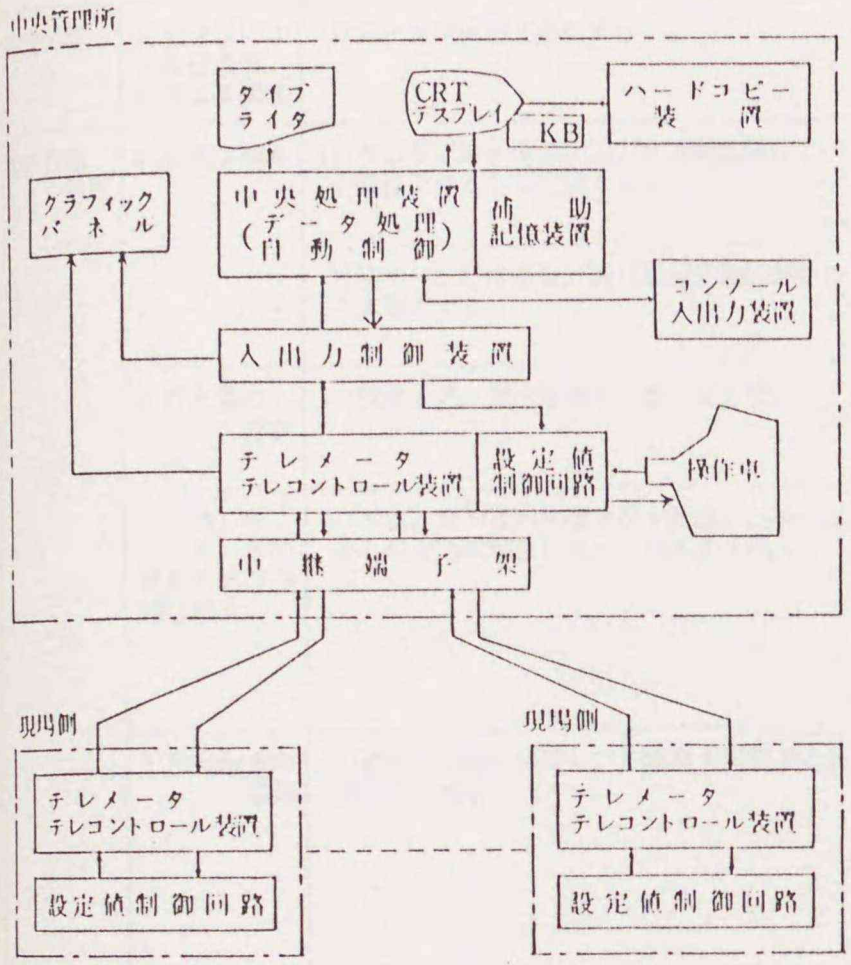
図－２７　ﾚﾍﾞﾙY-1ｼｽﾃﾑ構成例



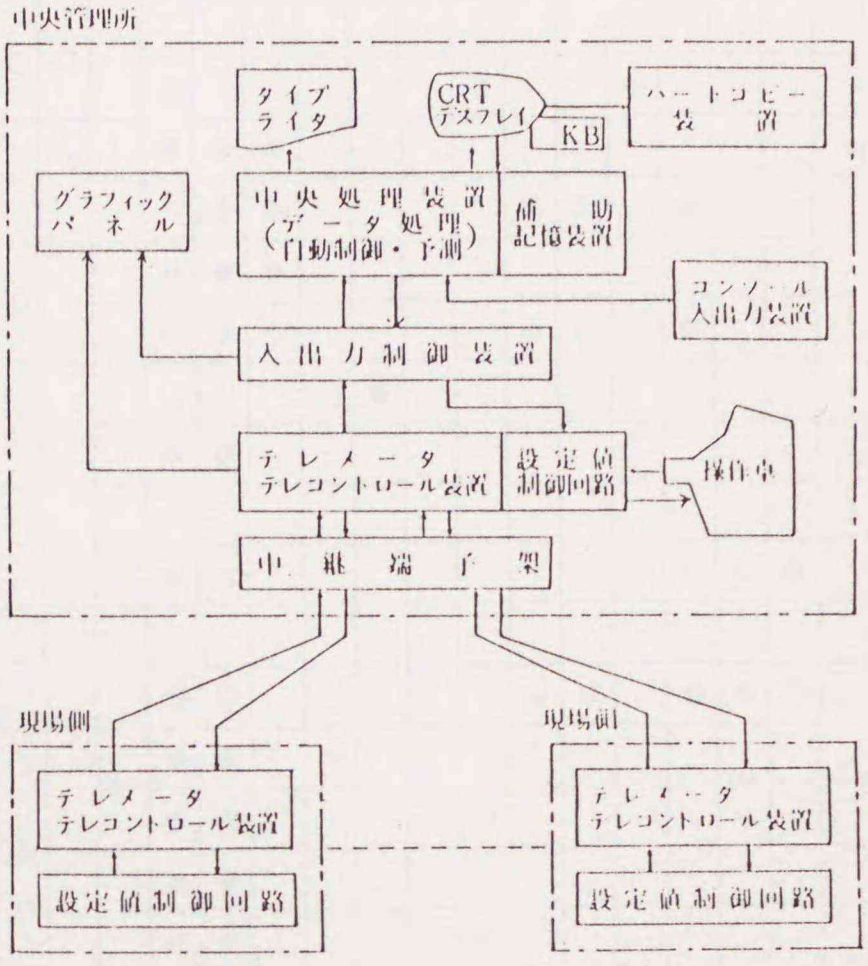
図－２８　ﾚﾍﾞﾙY-2ｼｽﾃﾑ構成例



図－２９　ﾚﾍﾞﾙY-3ｼｽﾃﾑ構成例



図－３０　ﾚﾍﾞﾙY-4ｼｽﾃﾑ構成例



図－３１　ﾚﾍﾞﾙZ-1ｼｽﾃﾑ構成例

表－１６　管理レベル選定要因

（次ページ以下３葉）

番号	大項目	小項目	内容	関連施設			望ましい管理レベル														
				ダム	頭首工	用水路	現場側							中央側							
							A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	Y4	Z1
1	管理体制	1.法律等による管理義務 2.他事業関連	(1)データ交換が必要な場合	○	○	○		◎						◎			◎				
2	水の有効利用	1.確実な取水	(1)ダム下流取水地点の流況を常時監視して必要量をダムから放流する	○				●	●	●											
								◎	◎	◎					◎	◎		◎			
			(2)決められた水量を，河川水位変動にかかわらず取水する		○			●	●	●											
								◎	◎	◎					◎	◎		◎			
		2.貯水量の確保	(1)需要予測，流出予測を必要とする場合	○								●									
								◎	◎												◎
		3.水源が多くあって，その使用方法が複雑な場合	(1)ダム，河川等の水源状況を把握し，予め定められた取水順位に従って取水する場合	○																	
								◎	◎									◎	◎	◎	
					○																
								◎	◎						◎	◎		◎	◎	◎	
		4.無効取水の排除	(1)用水需要量を把握し，取水量を調整する必要がある場合	○				●	●												
								◎	◎					◎							
					○			●	●												
								◎	◎					◎							
						○															
								◎	◎						◎	◎					
3	水の合理的配分	1.使用割合の維持	(1)各分水量を監視する場合			○	●														
								◎						◎				◎			
			(2)現在の分水量と計画分水量を常時比較監視し，分水量を調整する場合			○			●												
								◎	◎									◎	◎	◎	
		2.時期的・地域的な用水量変動への対応	(1)用水量が時間単位で変動する場合	○				●			●										
					○						●										
									◎							◎		◎	◎	◎	
						○															
									◎							◎		◎	◎	◎	
			(2)用水量が半旬単位程度で変動する場合	○			●														
					○	○															
								◎	◎						◎			◎	◎		
4	施設の保全	1.適正な余水放流	(1)予備放流（第3類ダム）を行うダムの場合	○							●	●	●								
			(2)流入量に応じて，放流操作を行うダムの場合	○						●	●										
		2.用水路溢水の監視	(1)溢水の監視を行う場合			○															
								◎						◎			◎				

	大項目	小項目		内容	関連施設			望ましい管理レベル													
					ダム	頭首工	用水路	現場側							中央側						
								A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	Y4	Z1
				(2)溢水を常時監視し，制御する必要のある場合			○		◎							◎			◎			
		3.施設機器の異常の発見		(1)施設の動作状況を監視し，異常時には，現状値維持制御等を行う場合	○	○			●		●	●										
							○		◎							◎			◎			
		4.監視及び制御の速応性		(1)常時監視しなければならない対象施設が広範囲に設置されている場合	○	○	○		◎						◎			◎				
				(2)常時監視及び制御をしなければならない場合	○	○	○		◎	◎						◎	◎		◎	◎		
5	管理費の節減	1.動力費の節減		(1)施設の状況を把握し，最も経済的な動力運転を必要とする場合			○			◎										◎	◎	
		2.労務管理費の節減		(1)情報収集，記録に多大の労力を要し，省力化が必要な場合	○				◎		●	●						◎				
						○	○		◎						◎			◎				
				(2)情報処理に高度な能力と多大な時間を要し，機械化が必要な場合	○	○	○		◎	◎	●	●	●	●					◎	◎	◎	◎
				(3)操作頻度が高く，管理者により常時操作を必要とする場合	○							●										
						○	○		◎	◎									◎	◎		
				(4)同時に数カ所の施設を施設を連携操作しなければならない場合	○	○	○		◎	◎										◎	◎	
6	施設と制御方式	ダム	洪水吐ゲート 平常時	(1)設定水位制御（Ⅱ，Ⅲ形）	○							●	●	●								
			洪水吐ゲート 洪水時	(1)定量，定率制御	○							●	●	●								
				(2)設定水位制御（Ⅲ形）	○							●	●	●								
			取水バルブ	(1)設定開度制御（演算なし制御）	○				●	●												
				(2)設定流量制御（Ⅱ形）	○						●	●										
			表面取水ゲート	(1)全開／全閉制御（Ⅰ形）	○			●														
				(2)設定開度制御	○					●												

番号	大項目	小項目		内容	関連施設			望ましい管理レベル															
					ダム	頭首工	用水路	現場側							中央側								
								A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	Y4	Z1
		ダム	責任放流バルブ	(1)設定開度制御（演算なし制御）	○					●												
		ダム	責任放流バルブ	(2)設定流量制御（Ⅱ形）	○						●	●										
		頭首工	取水堰ゲート 平常時	(1)設定水位制御（Ⅱ，Ⅲ形）		○				●	●	●										
										◎									◎	◎	◎	
			取水堰ゲート 洪水時	(1)全開／（全閉）制御（Ⅰ形）		○		●														
				(2)全開／（全閉）制御（Ⅱ形）		○				●	●											
										◎									◎	◎	◎	
			取入口ゲート 平常時	(1)設定流量制御（Ⅱ形）		○				●	●	●										
										◎									◎	◎	◎	
			取入口ゲート 洪水時	(1)（全開）／全閉制御（Ⅰ形）		○		●														
				(2)設定流量制御（Ⅱ形）		○					●	●										
										◎									◎	◎	◎	
		用水路	調節ゲート	(1)設定開度制御			○										◎		◎				
										◎												
			調節ゲート	(2)設定水位制御（Ⅰ，Ⅱ形）			○										◎		◎	◎			
										◎												
			分水ゲート・バルブ	(1)設定流量制御（Ⅰ，Ⅱ形）			○										◎		◎				
										◎												
			分水ゲート・バルブ	(2)設定圧力制御（Ⅰ，Ⅱ形）			○										◎		◎				
										◎												
			分水ゲート・バルブ	(3)設定比率分水制御			○												◎				
										◎												
			背割分水ゲート	(1)設定開度制御			○										◎		◎				
										◎												
		路	放水ゲート	(1)全開／全閉制御（Ⅰ，Ⅱ形）			○										◎		◎				
										◎												
			放水ゲート	(2)設定開度制御			○	●															
										◎									◎				
7	経済性			対象施設，操作形態及び管理レベルにバランスのとれた経済的なものを選定すること。 凡　例 ○印：適用を示す ●印：現場単独監視制御時 ◎印：中央集中監視制御時	○	○	○	当該地区に対して各種レベルのシステムを設計し，この各案に対する総管理投資額を積算して，経済的，機能的及びその他の面から相対的に比較検討する。 1．施設関連経費には，各案のシステム導入費とその保守経費を含み，一般に高級システムほど高額になる。 2．労務関連経費は，管理に要する全人件費，事務費が含まれ，一般に高級システムになるほど低額になる。 3．総管理投資額は，1，2の合計で与えられるが，必ずしも単純なU字曲線とはならない。													

第４章　多目的畑地潅漑の管理制御自動化の適用と評価

（国営笛吹川農業水利事業地区の用水施設管理制御計画を事例として）

４．１．事業概要

笛吹川農業水利事業は，笛吹川沿岸の13 ヵ町村に跨がる5,800ha の樹園地に新たに用水を導水し，畑地潅漑をはじめ，防除，施肥，凍霜害防止など，水と施設の多目的利用により安定した樹園地農業の新展開を図ろうとするものである。

国営で施工の幹線用水施設は，最大取水量4.48 m^3／sec の藤木取水工およびこれに続く右岸幹線延長12km（同副幹線10km），左岸幹線延長36km（同副幹線50km）からなる長大なパイプラインで，右岸４・左岸１０，計１４ヵ所の分水工，揚水機場８ヵ所，ファームポンド２９ヵ所，減圧水槽２４ヵ所の設置が予定され，付帯県営・団体営事業として実施される末端送配水諸施設の整備と相まって，水利用農業の骨格を形成するものである。

農業用水としては全国的にも有数の大規模な管水路施設であり，計画・設計・施工の各段階にわたって慎重な検討が加えられてきた。筆者は農業土木学会に設けられた「笛吹川樹園地用水施設利用計画研究委員会」の管理制御小委員長として制御施設に関する具体的な設計仕様を追求した。[77)]

a．用水系統

笛吹川農業水利事業地区は山梨県の中央部に位置し，東山梨市牧丘町，勝沼町，春日居町，塩山市，山梨市，東八代郡一宮町，八代町，御坂町，石和町，中道町，豊富村，境川村，西八代郡三珠町の２市・９町・２ ヵ村に跨がる笛吹川沿いの幅約５km，長さ約２０kmに及ぶ細長い台地で，桃1,750h，ぶどう1,600ha，桑2,110ha，その他260ha，計5,800haの多目的潅漑を目的として事業が進められている。

本地区の用水は，図－３２のように，広瀬ダムの発電放流水を藤木調整池に貯水した後，藤木取水工より最大4.48m^3/secを取水し，左岸幹線3.70m^3/sec，右岸幹線0.78m^3/secの給水を行うものである。左岸幹線１０，右岸幹線４，計１４ ヵ所の分水工が予定され，各分水工からファームポンドを通じて畑地に送水し，スプリンクラーで散水灌漑を行う計画となっている。分水工及びファームポンドの施設容量は表－１７，１８のとおりである。

b．用水施設とその運用

用水施設は次の３ブロックに区分される。

① 藤木取水工：図－３３ のように、１次ゲート、２次ゲート及び水槽で構成され、平常取水時には１次ゲートを全開とし、２次ゲートの開度を下流側水槽の水位が一定となるように制御し取水する。すなわち，水槽水位を設定し，その偏差値を入力として２次ゲートを自動制御する。２次ゲートの開度制御が不調の場合，幹線水路流量以上の流入があると水槽からの越流を生ずるので，異常高水位を検出して１次ゲートを急降下し，調整池からの用水の流入を遮断する。

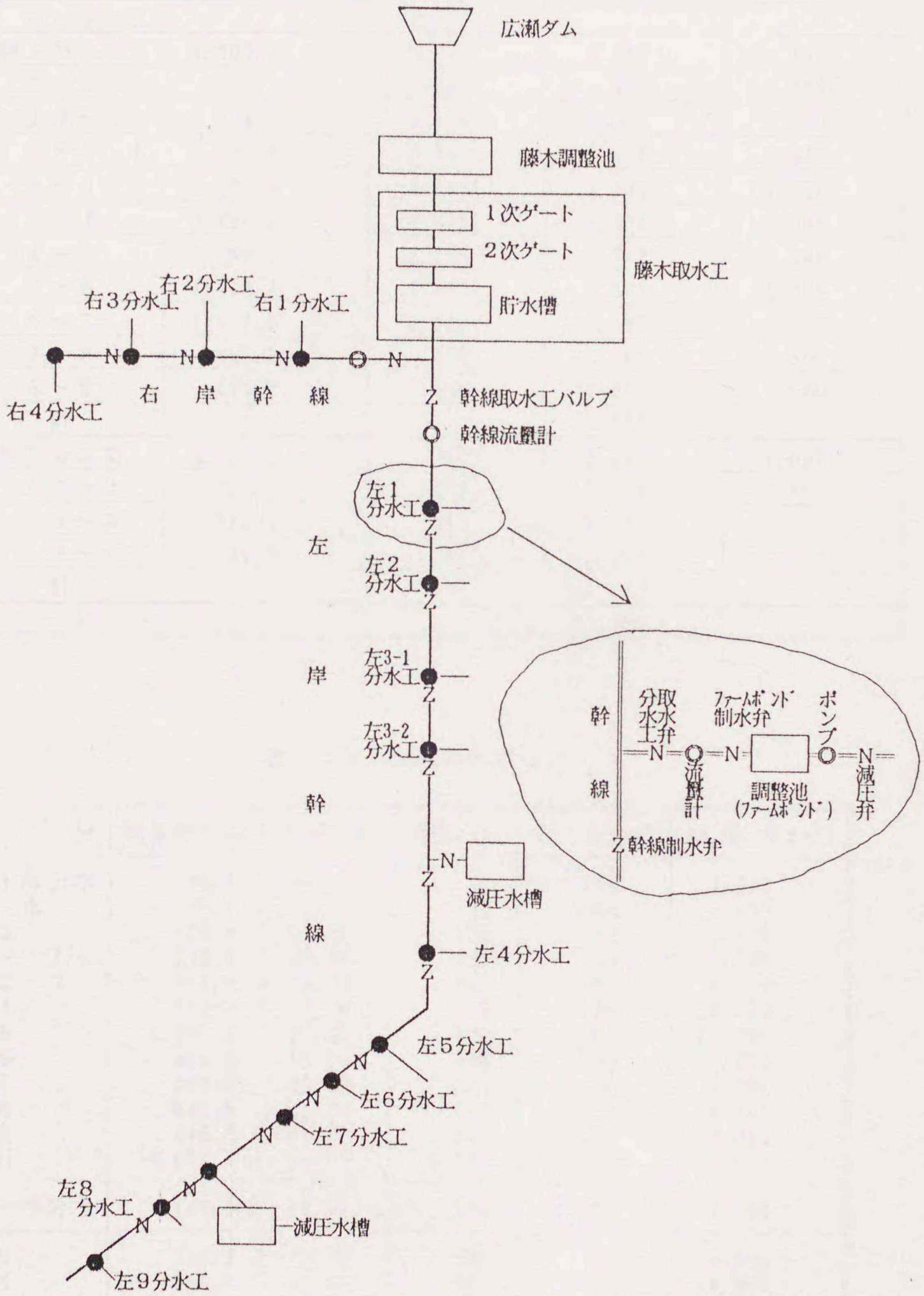
② 幹線施設：左右両幹線の分岐点に取水量調節のための取水工バルブと幹線流量計がそれぞれ設置され，右岸幹線４カ所，左岸幹線１０ 所の分水工が設けられる。これらの取水・分水は，いずれも傾斜台地における水の自然流下圧を利用して行われるが，左岸幹線では水圧の適正化のため，２カ所に減圧水槽を設置することになっている。

③ 分水工施設：各分水工には取水用電動弁（蝶形弁），流量計及びファームポンド入口に機械的自動弁（ディスクバルブ）を設ける。電動バルブは中央管理所から遠方操作により適宜開度調整できるようにするが，平常時のファームポンドへの通水・遮断は池水位に追従して動作するディスクバルブによって行う。

4．2．水管理の方針

本地区のような大規模な農業用水施設を合理的に運用していくためには，水源から末端まで一貫した方針のもとに，組織としての機能に重点をおいた水管理システムを構成することが大切である。

水資源の効率的利用・水管理労力の節減等，合理化を目的とする水利施設の大規模化・広域化は，古くからの個人による，あるいは小グループによる手作りの水管理を不可能にしつつあり，機械化・自動化をベースとする新しい理念に基づく水管理体制の整備を必要としている。この場合，水管理の計画目標は「水利用の合理化」と「水利施設管理の合理化」に２大別できる。前者は，用水の効率的利用が中心で，いわゆる多目的利用など水の用途を拡大して水及び水利施設を最大限に活用する方向と，施設の運用を合理化して無効放流を減じ水資源の節減を図る方向とがある。後者については，的確な管理操作による送配水機能の向上と異常事態に対する安全性の確保等の積極的な面と，これに伴って煩雑化する水管理労力の節減などが目標となる。



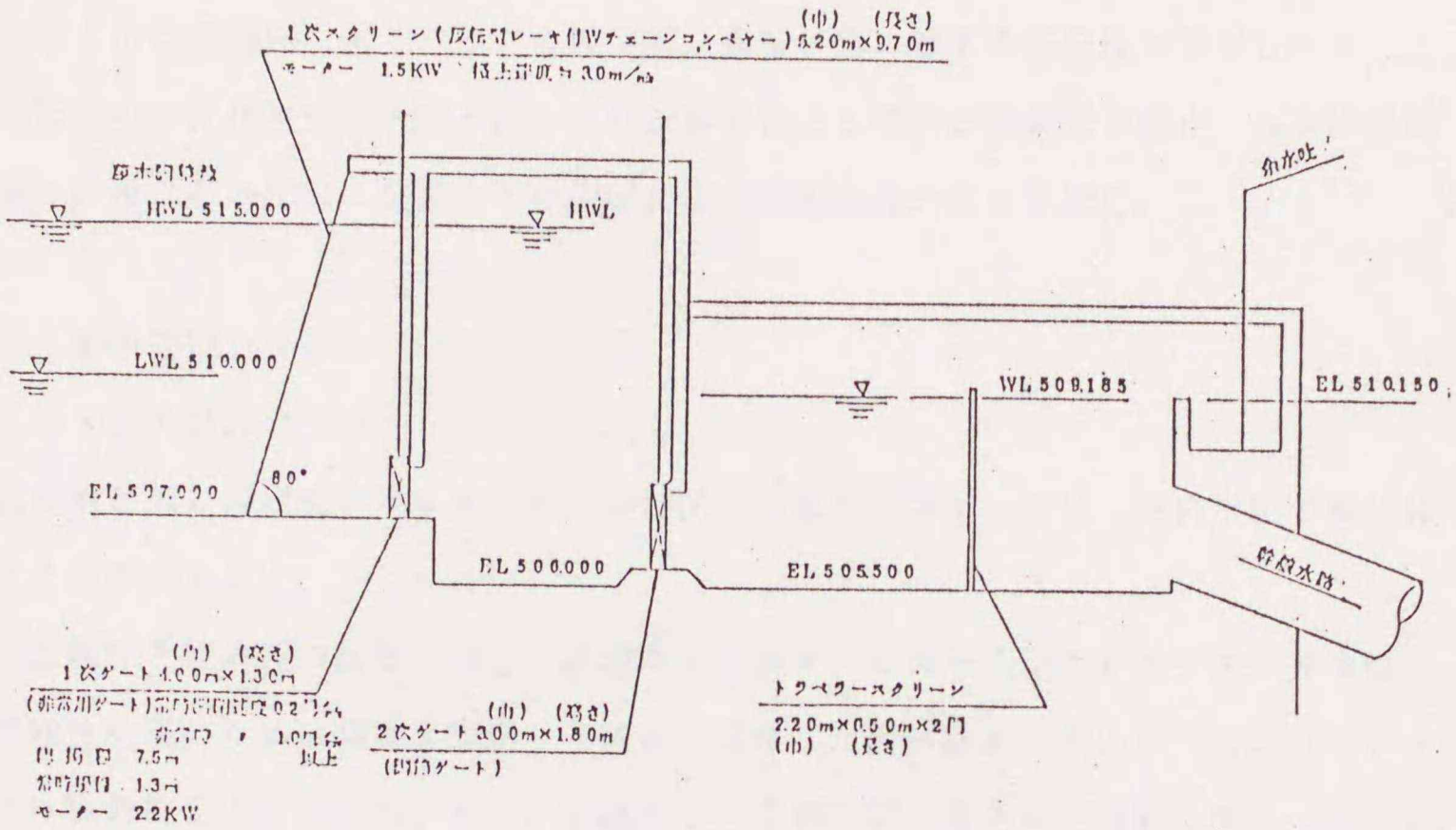
図－３２　笛吹川地区用水系統図

表－１７　幹線水路諸元

区　　分	支配面積（ha）	流量（l/s ）	区間長（m）	管　　径（mm）
藤　木　取　水　工		4,515		
左岸幹線１分まで	4,800.6	3,735	2,388	1,800
1～上水		3,665	450	1,800
上水～2	4,704.1	3,630	2,004	1,800
2～3－1	4,524.3	3,450	3,216	1,650
3－1～3－2	4,351.5	3,358	2,500	1,650
3－2～4	3,740.3	2,890	4,683	1,500
4～5	2,782.6	2,150	3,742	1,500
5～6	1,749.1	1,350	4,838	1,200
6～7	1,324.0	1,020	4,145	900
7～8	955.2	740	3,400	800
8～9	412.7	320	4,571	500
計			35,887	
右岸幹線２分まで	1,011.1	780	1,102	1,000
1～2	867.3	670	3,934	800
2～3	532.0	410	3,673	700
3～4	136.9	110	2,963	500
計			11,672	
合　　計			47,559	

表－１８　副幹線水路諸元

区　　分	畑面積(ha)	水頭（m）	流量(l/s	管　径(mm)	調整池(m^3)
左岸１号分水	96.5	37.40	70	250	1,700
上　水	----	-----	35	200	-----
2	179.8	14.80	140	350	3,100
3－1	172.8	55.90	132	350	3,000
3－2	611.2	57.70	468	600	5,100
4	957.7	77.70	740	800	16,300
5	1,033.5	38.90	800	700	17,700
6	425.1	58.50	330	500	7,300
7	368.8	26.70	280	450	6,300
8	542.5	40.90	420	300	9,300
9	412.7	68.50	320	350	7,000
計	4,800.6	-----	3,735	-----	-----
右岸１号分水	143.8	16.20	110	300	2,500
2	335.3	33.70	260	450	3,800
3	395.1	53.40	300	500	6,800
4	136.9	22.50	110	500	2,400
計	1,011.1	-----	780	----	-----
合　計	5,811.7	-----	4,500	----	-----



図－３３　藤木取水工詳細図

集中管理の目的は，以上の目標を時代に合った最もスマートな形で実現することにあるが，一方，従来の農業慣習を尊重しつつ，この目的に応えるためには，次の２原則が守られなければならない。

（需要の充足の原則）

農家は昔から必要な時には，必要なだけの水が供給できるよう水利施設を作ってきた。したがって，新しい施設についても，当然この需要充足の原則を期待しているので，「末端圃場で必要とする水量はいつでも送水できる」ことが要求される。

（公平の原則）

万一異常渇水が発生して，割当水量が希望する値以下となった場合には，その分配は特に公平でなければならない。

これらの目的を達成するための具体的課題は，当地区では次の３項目に要約できる。

① 安定した取水源の確保及び適正な送配水の監視：取水量と各分水工流量が，計画値あるいは希望値に比べ著しく過不足を生じていないか，許容できる範囲内であるか常に監視できること。また，前記のような不都合があれば直ちに修正操作がなされ，かつその結果の当否が認識され得ること。

② 水系の安全管理：ゲート・バルブなどの機械系及び電気系の故障，あるいは地震・

衝撃または誤動作によるパイプの破裂等，異常事態に対する安全性が確保されること。

③　管理の一元化及び省力化：統一された意思による管理と誤動作の防止，あるいは時報・日報などの記録の整備とその活用による管理の省力化・合理化。

4．3．集中管理システム[78)79)]

a．システム設計の方針

前述の水管理の目標を実現するため，本地区の水管理システムでは，特に下記の事項に留意する必要がある。

①　信頼性と経済性の調和：電力・鉄道など公共サービスを任務とするシステムでは，信頼性実現のために装置を現用・予備の二重にした例が極めて多いが，このシステムでは経済性をより重点的に考え，原則として予備設備を置かない方針とする。ただし，機能の中枢部を支配し，その部分の機能喪失が全体に大きく影響するような項目については慎重に検討し，予備の設置を考慮する。

②　確実性の追求：管理装置・機器は日進月歩で，近い将来に斬新な機器の出現が予想されるが，このシステムでは従来から使用され，実績が十分あるものの採用を原則とする。なお，徒らに高級な機器を採用することは厳に慎み，できるだけ単純で簡単な機器の採用により，前項の経済性の実現を図ることとする。また，確実性は単に機械単体のみならずシステム構成についても追求し，例えば，状態表示・運転操作の単純化・明確化をめざす。

③　データ処理：省力化を主体とし，監視及び演算をオンラインで行うために必要なものに限定する。オフライン処理は極力避け，最小限必要な係数，設定値の変更データの編集，あるいは日報の作成業務程度とする。

この方針の採用によって，論理制御機能はコンピュータと呼ぶほど高度なものでなく，小規模な計算機能を具えた単純なデータ処理装置で十分に実現できる。

④　現場優先：危害防止の見地から通常採用されている現場優先の思想を，このシステムにおいても採用する。したがって，中央管理所より現場への命令は，現場の制御場所選択スイッチが「中央」側にあるときにのみ現場に伝送されるものとする。

⑤　拡張性・融通性：水管理システムについて，将来の変更あるいは増設に対処できるよう，システムとしての拡張性・融通性を十分持ったものとする。

⑥　保守運用：設置後の管理体制を考慮し，特に，保守のやり易いもの，運用が簡単な

ものをハードウェア設計の基本とする。

b．システム構成

一般に集中管理とは，広範囲に散在した施設を単一の意思のもとに統括管理することであり，そのためには距離空間を克服することが必要である。この装置を情報伝送装置といい，中央と現場施設の間は情報伝送装置によって結ばれる。それら各部の仕事の内容は表－１９　のとおりである。

表－１９　集中管理の役割

装　　置	仕　　事　　の　　内　　容
中央管理装置	・現場の情報をそのまま，あるいは所定の加工をして，運転員に提示する。 ・情報の異常を判定し，運転員に知らせる。 ・情報を貯蔵し，必要に応じそれを取り出し，加工して，運転員に提示する。 ・運転員の命令をそのまま，あるいは所定の加工をして，情報伝送装置に渡す。
情報伝送装置	・中央・現場間，現場相互間に，誤り無く情報を伝送する。
現　場　施　設	・必要な情報を検出する。 ・検出した情報を自所で利用したり，情報伝送装置に渡す。 ・他所の情報を伝送装置から受け取り，所定の動作を行う。 ・必要に応じ，自動制御を行う。

集中管理システムは，構成機器から次のような４つのサブシステムに分けられる。

集中管理システム
- 中央システム
- 情報伝送システム
- 計装システム
- 保全システム

（１）中央システム

中央管理所において，集中管理を行うために必要な次の設備より構成される。

①　電源設備：商用電源から引き込み分電するための受変電設備，停電に対処するための無停電設備，商用電源の電圧・周波数の波形を整形して定電圧・定周波数とするためのＣＶＣＦ設備を含む。

②　情報処理設備：各現場からの計測あるいは監視データをもとに管理データに処理記

憶し，さらにこれをもとに各現場機器を制御し，もしくは記録として残すための設備で，いわば人間の頭脳にあたるべき中枢機関であり，集中管理システムの中心的な任務を司る。

③　マンマシン設備：運転員と機械とのインターフェイスにあたるもので，監視盤，操作卓，ＣＲＴなどがこれに属する。人間と機械との間をいかにうまく整合することができるかという点で，これらの装置の設計は特に重要で，操作性・人間工学性などを十分考慮したものでなければならない。

（２）情報伝送システム

取水工，分水工，ファームポンドなどの各現場の計測，監視データを遠方の集中管理所まで伝送したり，あるいは遠方の中央管理所からの制御命令を現場施設に伝達するための設備で，誤りなく確実に情報を伝送することが必要である。一般にテレメータ・テレコントロールといわれている。集中管理システムの神経系統にあたる重要な部分である。

（３）計装システム

水位・流量・ゲート開度などの検出器，機械信号あるいは電気信号を所要の電気信号に変換するための変換器，計測データを所定の用紙に記録するための記録計，データの表示を行う指示計などから構成される。人間の五感に相当する部分である。

（４）保全システム

外部との連絡のための通信システム，保守のための移動通信設備，移動パトロール車などである。

c．集中管理設備

１）中央システムを構成するハードウェアー

（１）電源設備

・受変電設備：ゲート・バルブ・ポンプなどの動力用，管理室，照明用，空調用と集中管理設備用などのための電力供給のための設備である。

・無停電電源設備：停電に対処するための電源設備で，大規模なものではディーゼル発電機，蓄電池，インバータから構成される。

・ＣＶＣＦ設備：情報処理装置などの精密機器用のための電源（電圧・周波数）整形装置である。広義には短時間用の無停電電源にも解釈されることもある。

（２）情報処理設備

・情報処理装置：中央に収集されたデータを演算・処理したり，記憶したり，それをもとに各装置を制御する，人間の頭脳に相当する部分で，その程度により簡単なデータロガー装置からプロセス用の大型コンピュータまで範囲は広い。

・タイプライタ：管理データを定時もしくは必要時に印字するためのロギングタイプライタ，何か異常状態が発生した場合に操作員にその内容を知らせたり，その発生時刻を印字するためのアナウンスメントタイプライタ，その他前記の情報処理装置とセットになっていて，プログラムの変更，情報の入出力などが行えるシステムタイプライタがある。

・紙テープさん孔装置：情報伝送装置により収集されたデータ，あるいは処理装置から出力されたデータを紙テープに保存しておく場合に使用される。又は，停電時のためのバックアップ装置に使用される。

・紙テープ読込み装置：さん孔された紙テープを任意時に読み込ませて，オフライン時におけるデータの処理，あるいはプログラムの変更やメモリの変更などに使用される。

（3）マンマシン設備

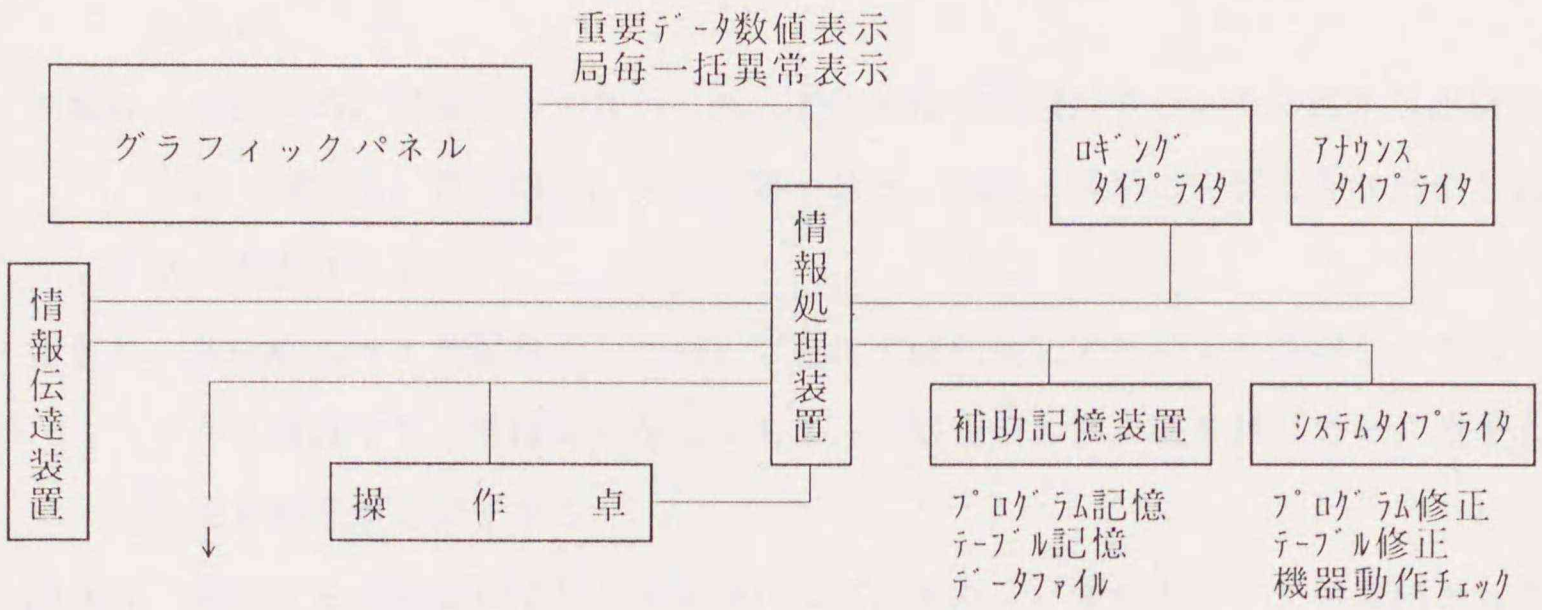
・ＣＲＴ（ブラウン管ディスプレイ）装置：画像表示装置であり，図形，グラフ，数字が豊富に，また視覚に強くアピールするので，この装置の利用は近年急速に増加してきている。情報処理装置との組合せにて使用する。

・監視盤（グラフィックパネル):グラフィックパネルは，マン・マシンインターフェースとして情報を機器から人に与える機器で，システム全体の状態を操作員が容易に判断できるように設計することが重要である。

その盤面には水位，開度，流量の数値表示をし，各種状態（故障，上限，下限等）のランプ表示を行う。

・操作卓：操作員が日常の水系の運用を行うための卓で，普通デスクタイプが多い。その盤面には，数字表示器，故障表示灯，押しボタンスイッチなどを操作しやすいように，また，システムの運用状態が一目で分かるように配列することが重要である。一般に，監視盤，ＣＲＴなどと併用して使用される場合が多い。

図－３４　に一般的なマシン構成図を示す。



図－３４　マシン構成図

2）情報伝送システムを構成するハードウエアー

（1）テレメータ装置

地区に散在する各現場から，水位，流量などの計測データあるいは故障（異常）監視，機器の状態監視等の監視データを空間を超えて，迅速に収集するための装置である。

（2）テレコントロール装置

テレメータとは逆に，中央からの命令，例えばゲートの開閉，ポンプの運転・停止などを，誤りなく，迅速に各現場機器に伝達する装置である。

小規模なものは，テレメータ装置とテレコントロール装置が同一ボックスに内蔵され，合わせてテレメータ・テレコントロール装置と呼ばれている。

（3）無線設備

伝送路を無線回線とした場合に必要となる設備で，無線送信機，受信機，アンテナ，フィーダ等から構成される。

単一回線（70MHz，400MHz帯シングル）の場合，無線機は小型化され，一般にテレメータ・テレコントロール装置の中に内蔵される。

3）計装システムを構成するハードウエアー

（1）検出器（センサー）

細部は，後の「計装システム」の項で述べることとし，ここでは概略にとどめる。

・水位計：フロート式，圧力式，触針式，ディジタル式など非常に多くの種類がある。
それぞれの目的あるいは現場の条件に合ったものを使うが，一般にフロート式

が多い。

・流量計：超音波式，電磁式，プロペラ式，差圧式など種類が多い。その選択は水路の形状（開水路，管水路），流体の質のほか，精度，現場の設置条件などにも非常に左右される。

・雨量計：普通転倒マス型が多く，0.5mm ごとに１回転倒して１パルスを出し，それをパルス精算する。累積雨量が出るので，実効雨量は前の値を減じてその差をとる演算処理が必要である。

・開度計：測定する対象としてゲート及びバルブがある。いずれもモータに連結されたギアの変位角を機械的に，あるいは電気的に取り出すもので，前者は現場だけの指示計，後者は遠方で見たいとき，あるいはテレメータに接続したいときなどに使われる。

・その他：圧力計，水質計（濁度，ＰＨなど），気象計（風向風速，温度，湿度など）などがある。

（２）変換器

センサーからの信号を，テレメータに電気的に接続できるように変換したり，増幅したりする装置で，抵抗を電流に変換するＲ／Ｉ変換器，パルス数を平均的な電流に変換するＦ／Ｉ変換器，あるいはベンチュリー管における水位差圧を流量に変換するための差圧発信器などがある。

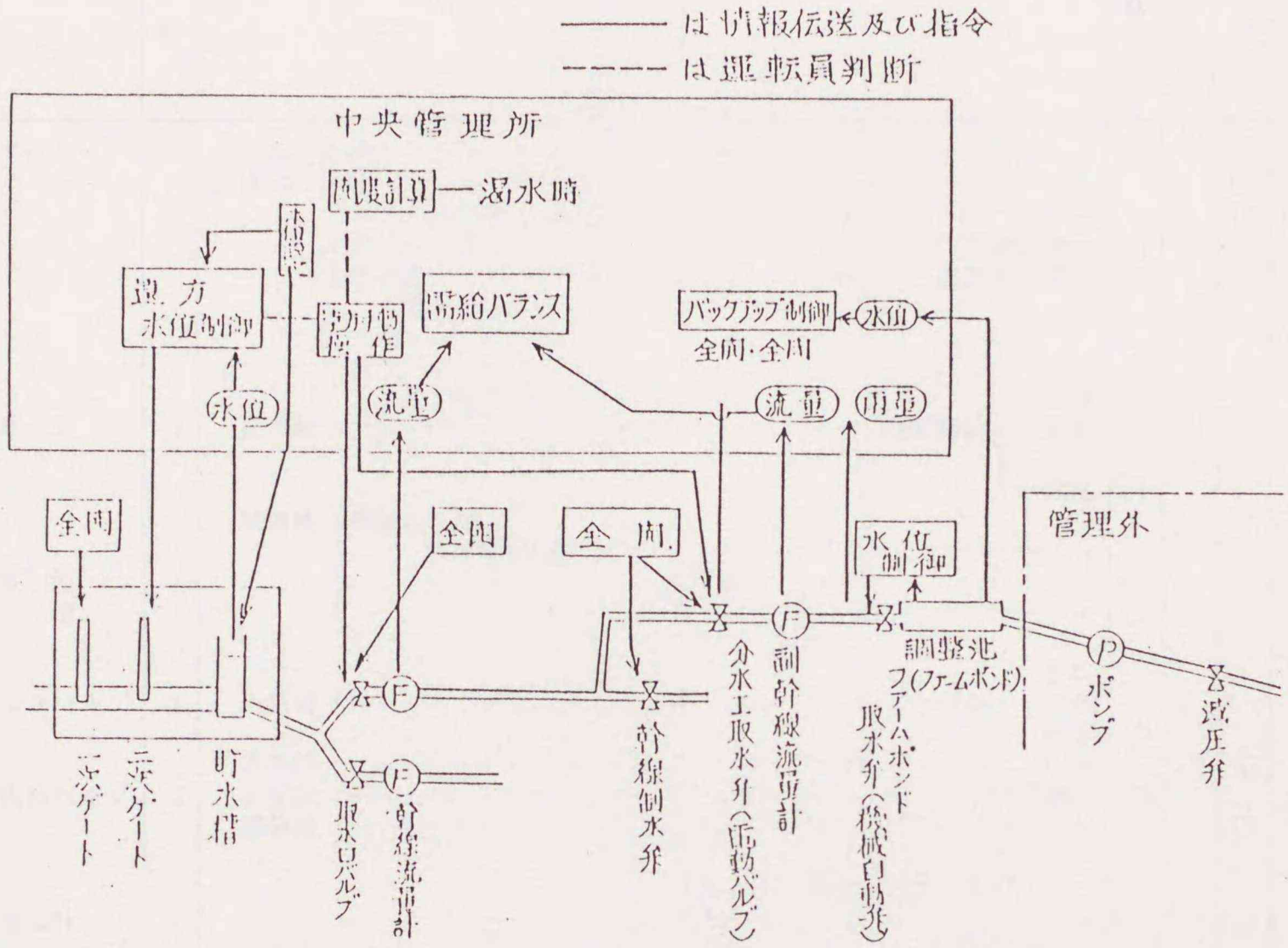
（３）その他

・記録計：水位・雨量などの時間的記録をとるためのもので，アナログ式とディジタル式がある。また，アナログ式にはペン書き式と打点式がある。ディジタル式は数値を印字するもので，小さなディジタルプリンターが使われる。

・指示計：流量・水位などの瞬時値を指示するもので，これにもディジタル式とアナログ式がある。ディジタル式は，在来の数字表示管の他，最近では発光ダイオード，液晶などが多く使われている。

d．水管理施設計画

水管理施設の具備すべき内容は，表－２０　及び図－３５　のとおりであり，監視制御システムの機能構成は表－２１　のとおりである。



図－３５　用水施設及び水管理系統

表－２０　監視制御機能構成

NO.	機器名	個数	機器の状態	測定項目	制御指令	表示方法 状態 数値表示	表示方法 状態 ランプ	表示方法 異常 ランプ	表示方法 異常 ブザー	表示方法 異常 ベル	計算
1.	１次ゲート	1	正常時（全開） 異常時　停電 １次ゲート故障 ２次ゲート故障 →水槽水位（異常水位）		→ → → 開度制御→ 急降下制御→	○ ○		○ ○ ○ ○	○ ○ ○	 ○	開度制御
2.	２次ゲート	1	（上下範囲内） 正常時		開度制御 全開 全閉 開度	○	○				
			故障時（機側にｱﾅﾛｸﾞで開度を記録）		→			○		○	CP
3.	調整池	1	（　〃　）	水位	→	○					
4.	水槽	1	（　〃　）	水↓位 ◎…設定値	→	○					
5.	幹線取水バルブ	2	正常時 異常時		開度制御 全開 全閉 開度 →	○ ○	○	 ○	 ○		記加記
6.	幹線補助バルブ	4	正常時 正常時 異常時		開閉制御→ →	○		○ ○	○ ○		
7.	幹線流量計	2		流↓量（過流量の場合） 上限値→◎	→			○		○	
8.	幹線制水バルブ	16	正常時 異常時		開閉制御 →			○	○		
9.	減圧水槽水位計	2		圧↓力 上下限値→◎	→			○	○		
10.	分 取水バルブ	15	正常時 異常時		開度制御 全開 全閉 開度 →	○	○	 ○	 ○		
	分 流量計	15									
	水 ﾌｧｰﾑﾎﾟﾝﾄﾞ	14	（機側にｱﾅﾛｸﾞで水位を記録）	流↓量 上限値→◎ 水↓位 上下限値→◎	→ →			○ ○	 ○	○	
	降雨計	14		降雨量	→	○		○	○		
	工 付属機器		（ﾎﾟﾝﾌﾟ等の警報接点		→			○	○		

注）実線：常時計測
　　点線：任意計測

表－２１　水管理施設構成

	機　器　名	種　　類	制　　御　　方　　式
藤木取水口	１次ゲート	スルースゲート	正常時　　：全開 水槽高水位時　：全閉（ゲート急降下） ２次ゲート故障時：２次ゲートの代用に使用
	２次ゲート	スルースゲート	水槽水位設定値との偏差制御方式
幹線・副幹線	取水口バルブ	バタフライ弁	正常時　　：全開
	幹線制水弁		渇水時　　：配分計算後遠方手動制御
	分水工制水弁	バタフライ弁	正常時・渇水時　：配分計算後遠方手動制御 調整池水位異常時：ファームポンド取水弁予備
	ファームポンド取水弁	機械自動弁	調整池水位による開閉制御
集中監視制御システム	制御用計算機	ロギング，２次ゲート開度制御 渇水時における取水弁の開度計算	
	計算機盤	系統のマクロ監視	
	監　視　盤	状態表示，異常表示	
	操　作　卓	機器操作，任意表示リクエスト	
	タイプライタ	アラーム，実績報告	
	ﾃﾚﾒｰﾀ/ﾃﾚｺﾝ	データ，制御信号伝送	
伝　送　路		公社回線，自営線または無線	

４．４．適用事例の総括と評価

ａ．情報検出方法と機器

主要構造物と検出機器との関係を表－２２　に示す。

表－２２　情報検出条件

項　目	場　　所
水　位	藤木調整池，水槽，減圧水槽，ファームポンド
流　量	左右幹線（補助），分水工
雨　量	分水工
開　度	バルブ，ゲート

これらの検出機器の選定条件としては，一般に次の事項が挙げられる。

① 一般によく使われている（実績がある）。

② 構成が簡単である。

③ 安価である。

④ ディジタル化が容易である。

1）水位計

各種水位計の原理・測定範囲・出力・精度・電源及び消費電力等について検討の結果，前記選定条件からフロート式水位計が最適と考えた。

2）流量計

システムとして要求される精度，設置の難易及び保守性などから，取水工地点においては超音波流量計，各分水工地点についてはベンチュリー式流量計が適当とした。

3）開度計

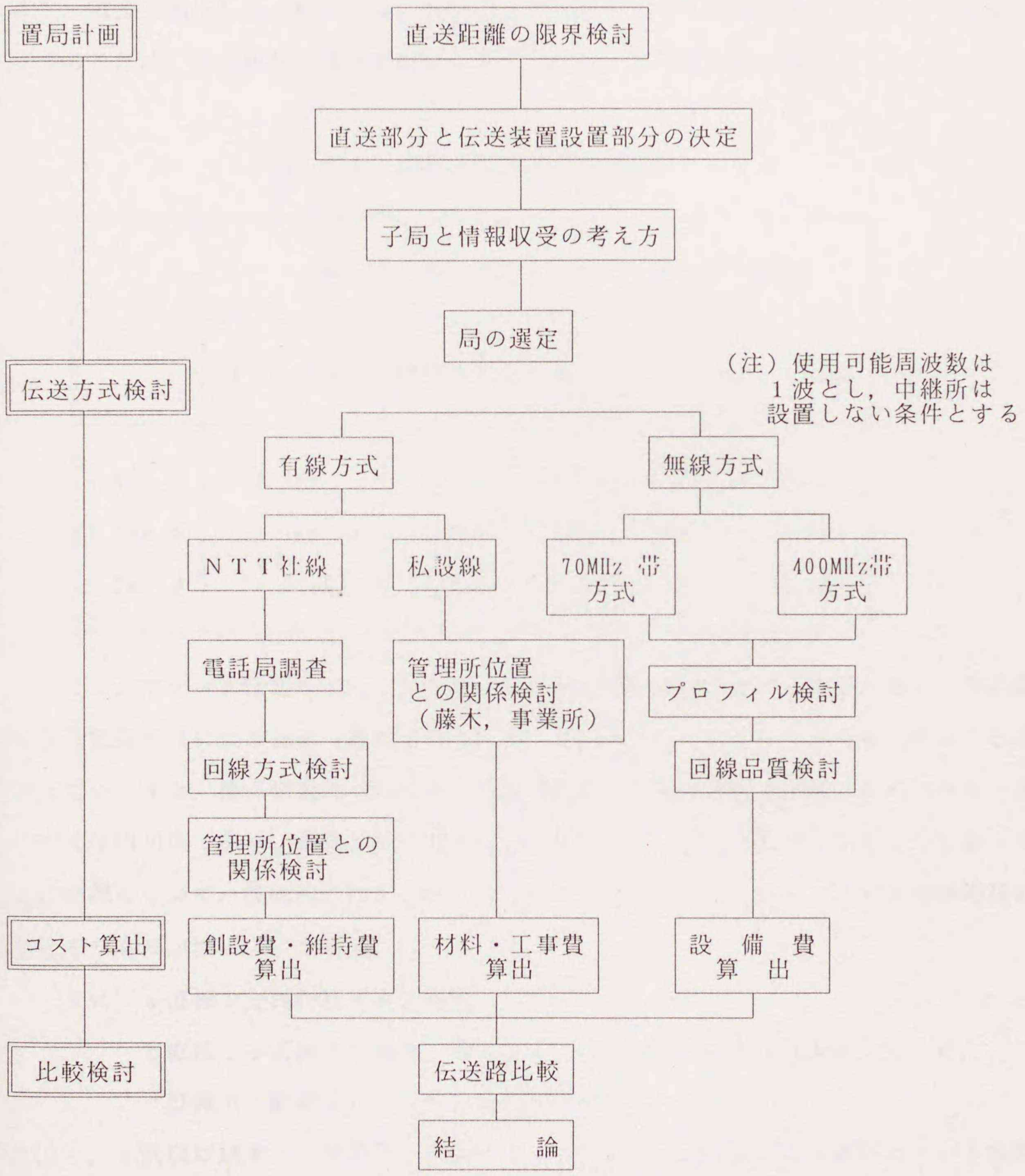
バルブ・ゲートの開度情報を得るための諸方式について検討の結果，使用実績及び経済性からポテンショ式開度計が適当と判断した。

4）雨量計

雨量計には，転倒マス式，浮子式，サイホン式などがあるが，転倒マス式が最も一般的で，浮子式・サイホン式はほとんど使われていない。

b．情報伝送回線

伝送方式の選定手順は　図－３６　のようである。



図－３６　伝送方式の選定手順

1）置局計画

(1)　直送距離の技術的限界

本システムで対象とする情報は，監視，計測，制御の情報であり，その種類としては，接点，電流（電圧）に大別できる。地区ごとに発生するこれらの情報をまとめる子局配置を決めるため，直送距離の技術的限界を検討の結果，次の表が得られた。

表－２３　情報直送距離の検討結果

	接　点　情　報			アナログ情報	
	W・S リレー	特殊リレ	光	2 ～10mA	4 ～20mA
0.6mm φ	0.8km	5.2km	18.4km	4.1km	2.5km
0.9mm φ	1.7km	11.8km	41.2km	9.2km	5.7km
1.2mm φ	3.1km	20.0km	73.2km	16.8km	10.4km

ここで，アナログ情報についていえば，4 ～20mA規格に統一される傾向にあり，外部許容負荷抵抗も 560Ωの方が一般的であるので，上記表の4 ～20mAのものを使用することが望ましい。また，接点情報については，通信機器用としての評価の確定したW・Sリレー以外でも使用可能であり，距離が長い場合には，特殊リレーの方が有利である。したがって，直送距離について，技術的には0.9mm φについて5.7km が限界となり，これに経済的評価を加えたものが図-３７ である。

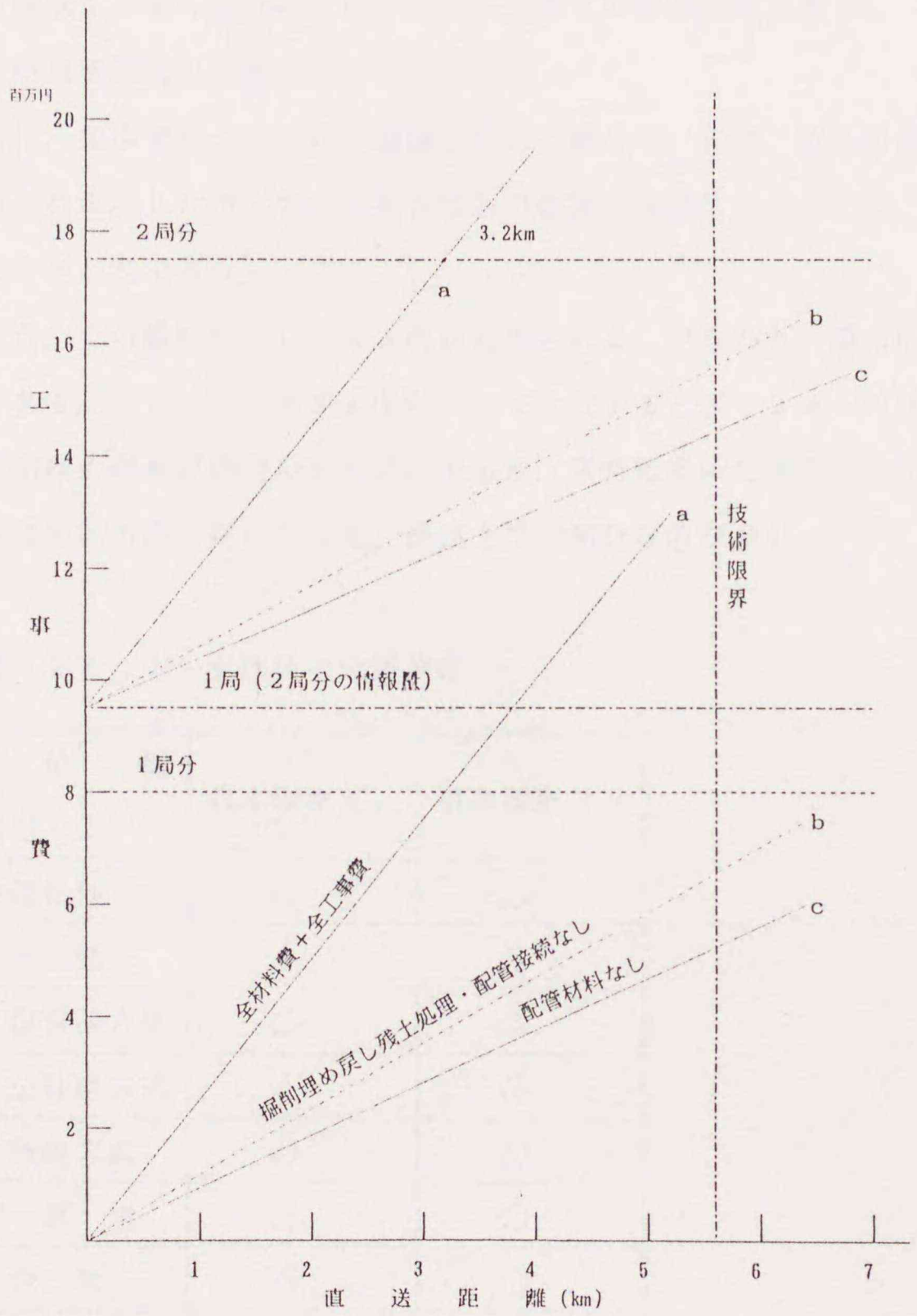
ここに，ａ直線：全材料費＋全工事費

ｂ直線：ａ直線より掘削・埋め戻し・残土処理・配管接続を除いたもの

ｃ直線：ｂ直線よりケーブル用配管材料を除いたもの

であり，ａ直線は藤木 ― 左岸第１のように，すでにパイプ敷設工事の終了している区間に適用され，それ以外の区間では条件によりｂまたはｃ直線となる。

したがって，ａ直線では3.2km ，ｂまたはｃ直線では5.7km （技術的限界）が適用限界となり，これ以上では経済的・技術的に適用外といえる。



図－３７　直送距離の限界

(2)　局の構成

当地区のように，広汎な地区を対象に１ヵ所の中央管理所に情報を収集し，集中管理するような場合，情報個々に情報伝送装置を対応させると非常に膨大な数量・価格となり不経済である。そこで，地理的に近いものは１ヵ所に自営有線にて集め，１セットの情報伝送装置で，直列的に，時分割的に伝送する方法をとる。この場合，有線接続される端末局は孫局となる。

子局～孫局を結ぶ直送区間は，前述のとおり3.2 ～5.7km と考えられ，この範囲内で親～子～孫局の構成をうまく行うことがシステム計画上の重要課題である。

(3)　中央管理所の位置

中央管理所は，集中管理システムの頭脳に当たる部分で，普通，数人の運転員によりシステムが運用される。したがって，中央管理所の位置の検討に当たっては，人間的な要素も考慮することが必要である。

本地区の場合，その候補地として２ヵ所が考えられる。すなわち，藤木取水工と国営事業所付近とである。ここで，その２ヵ所について比較すると表－２４　のようになる。

藤木は用水組織の最重要施設のある地点であり，常時監視のできることが望ましい。また，現事業所は地区の中央部にあって，連絡上は好都合な面が多い。

表－２４　中央管理所の位置選定

番号	位置 / 比較項目		藤木取水工	現事業所付近
1	水系運転性		○	△
2	人間性		△	○
3	伝送回線上の制約	自営線方式	○	△
		公社線方式	△	○
		無線方式	○	○
4	保守運用		△	○
5	集合性		△	○
6	土地買収又は借用		○	○
7	電源・道路		○	○
8	その他			

(4)　子局・孫局の位置

子局の設置条件として，一般に下記のことが必要である。

①　商用電源がとれること，また，とりやすいこと。

②　土地買収又は借用が可能であること。

③　伝送路（有線・無線とも）としての条件が備わっていること。

④　管理用の道路があること。

また，孫局としては，

①　子局までの有線ルート上に問題がないこと（例えば，国道・１級河川の横断等）。

②　有線工事を安価にするため，電力柱または電話柱がルート上にあり借用できること。

③　子局までの距離が伝送条件上許容できること。

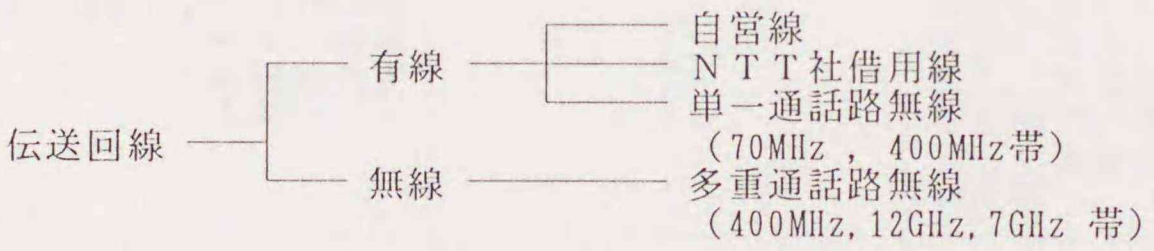
子局・孫局の設置場所として，通常分水工あるいはポンプ場などの工作物付近に置く場合が多い。

本地区の場合，監視制御の対象は分水工単位となっているが，伝送方式との関係でTM／TC子局を極力統合することが経済的に有利とみられる。

２）伝送回線の検討

(1) 伝送回線の種類

伝送回線は下記のように分類できる。



各回線の比較は，表－２５　に示すとおりであるが，ここで注意すべきことは，無線回線については郵政省電波管理局の認可が必要で，しかも多重回線については許可が難しく，農業水利システムの場合は，ほとんど単一回線となる場合が多い。本地区の場合も多重回線は認可が困難と考えられる。

伝送路に要求される回線品質上の条件は次のとおりである。

①　雑音レベルが低いこと。大略の目安として，ホワイトノイズに対する信号雑音比が20dB（評価値）あればよい。しかし，衝撃性雑音などを考慮に入れて余裕をもたせ，実際には40dB（評価値）を目安とする。

②　レベルの変動が少ないこと。

③　信号伝送帯域内における振幅　　周波数特性が平坦で，かつ両端はなだらかな下降特性を有すること。また，非直線歪みが少なく，混変調の発生が少ないこと。

表－２５　伝送回線比較表

伝送回線		内　　容	伝送距離	伝送容量	特　徴　そ　の　他
有線	自営線	私設ケーブル（CPEVケーブル等）を目的路線設空架にはまとする。	制限はない経済性上の制約あり。	敷設ケーブルにより異なるが，一般に電話回線数十チャンネル相当	広範囲の周波数帯域が得られる（例えばITVの画像伝送に有利）他，芯数を増やすことにより十分な容量の回線が得られるが，ケーブル代，施工事（用地買収，埋設，電柱架設等），保守等に不経済な面がなどの場合の信頼性に乏しい
	ＮＴＴ社借用線	ＮＴＴ社が送し社データ伝開放公用ている線を利用する。専用回線がほとんど。	制限はない回線使用料の条件	電話回線（300-3400Hz）相当１回線	ＮＴＴ社に月々の使用料を支払えば全国自由に使用できるが，一般的に回線品質が不均一であり，データ伝送用の良好な回線としては問題が残る。また，台風，災害時などの場合の信頼性に乏しい。
無線	単一通話路無線	テレメータ用に割りてられた70MHz あるいは400MHz帯の単一通話路無線周波を利用する	約30Km程度（出力1Wの時）	電話回線（300-3400Hz）相当１回線	山間に設置されたテレメータ局などから信号を伝送するには最適である。ただし，電波は公共性の強いものであるから混信等には十分気をつける必要がある。台風，災害時に強い。維持費も安価である。しかし，回線として使用できるのはＳ／Ｎ30dB以上。
	多重通話路無線	400MHz帯あるいは12GHz 帯の数十チャンネル多重数容量の周波すを無線利用	約20Km程度	電話回線（300-3400Hz）相当で1-36回線	大容量のデータ伝送，あるいは多方向の多数局に1-3 回線づつ接続する場合に最適。ただし，郵政省電波管理局の認可が困難

（２）有線方式と無線方式の比較

①　有線方式：有線には私設有線方式とＮＴＴ社線の借用方式がある。

私設線は、架空または埋設の通信ケーブルを必要区間設置するもので，距離が長くなれば設置工事，ケーブル費で経費が大きくなる短所があるが，敷設ケーブルの選択により良質の回線が得られ，またケーブルの芯数を増やすことにより，何回線も得られるので，フレキシビリティーに富んでいる。一般に水路土木工事と同時に施工する場合が多い。

ＮＴＴ社借用線（特定，専用通信回線）は，特定の２点間の賃代制の通信回線で，特性・内容及び用途により規格が定められ，使用する種別と装置収容電話局間の距離に応じた

月額規定料金を支払う。なお，特定通信回線とは，電子計算機等へ結ぶ場合の契約，専用通信回線はそれ以外の場合の契約である。

② 無線方式：用途・目的によって，また有線方式ではどうしても問題が発生する場合，無線方式が利用できる。しかし、電波は公共性が強く、使用する際には郵政省電波管理局の免許が必要である。また，電波法規によって使用方法が規制される。

無線では電波の伝播距離に問題があり，また，途中に建物や山などの障害物があればそれだけ損失が増え，電波到達が困難となる。また，中央管理所と端末との距離が長く，土地形態が複雑などで，電波が直接到達しない場合には中継局が必要になる。

無線方式には，単一無線回線と多重無線回線とがある。

単一無線回線とは，300 ～3400Hzの周波数帯域を伝送回線として使用できるもので，テレメータ用としては70MHz 帯，400MHz 帯が一般的であり，電波事情、用途，目的伝播条件等で決定される。普通無線回線は数波（1 ～3 波）しか許可にならないので，多数局のテレメーには呼び出し式１：Ｎテレメータ方式が採用されている。

前記のような300 ～3400Hzの周波数帯域で不足するときは，400MHz帯，12GHz 帯，7 GHz 帯などの多重回線が適用されるが，免許は容易でなく，普通はテレメータ回線として使用するだけではなく，電話，ファクシミリ映像信号などの信号と共有することが多い。

（３）回線の選定

① ＮＴＴ社線：各分水工地点を子局とした場合，調査の結果，各地点はほとんど各電話局管内にあり，区域外にあるには２地区だけである。しかも，その区域外の距離は少なく，実用には差し支えないものと判断される。

② 無線回線：調査の結果，中央局を藤木取水工，国営事業所のいずれにとってもS／N 40dB以上とれ，十分適用可能である。しかし電波は非常に公共的な性格が強く，また最近急激にその使用が増加していることもあって，割当てを得られるか否かの判断が難しい。使用を認められる場合も１波しか期待できないものと思われ，回線構成上の制約となる。

③ 私設線：今後，パイプラインを敷設していくことを考えると，パイプラインに沿って私設線を同時埋設していく方法が考えられる。この場合，必要となるのは，線材，工材（トラフ・砂等）であり，一般に私設線を埋設するのに比較して安価にできる利点がある。しかも，ＮＴＴ社線のように，借用料を支払う必要がないことから，将来の運用にあたって農家負担を軽減できるという長所がある。私設の場合は明らかに藤木に中央局をおいた方が安上がりになる。

（４）回線構成

以上の検討の結果，無線回線を一応除外して，次のような回線構成が考えられる。

藤木中央局の場合：

①　全私設線１３子局案

②　全私設線　５子局案

現事業所を中央局とした場合：

③　ＮＴＴ社線主体１４子局案

④　ＮＴＴ社線主体　６子局案

⑤　私設線主体１４子局案

⑥　私設線主体　６子局案

ＮＴＴ社線利用の場合は，回線借用料を低減するため，直送距離の限界内で子局をできるだけ統合すべきである。

②と④との概算経済比較，及び①と②の比較評価の結果，藤木を中央局とする全私設線５子局案が最適と判断されたが，運用上の便等も加味する必要があり，実施までには更に総合的な検討を要する。なお，藤木を中央局とした場合，将来必要に応じＮＴＴ社線を併用して中央局を現事業所付近に移設することは容易である。

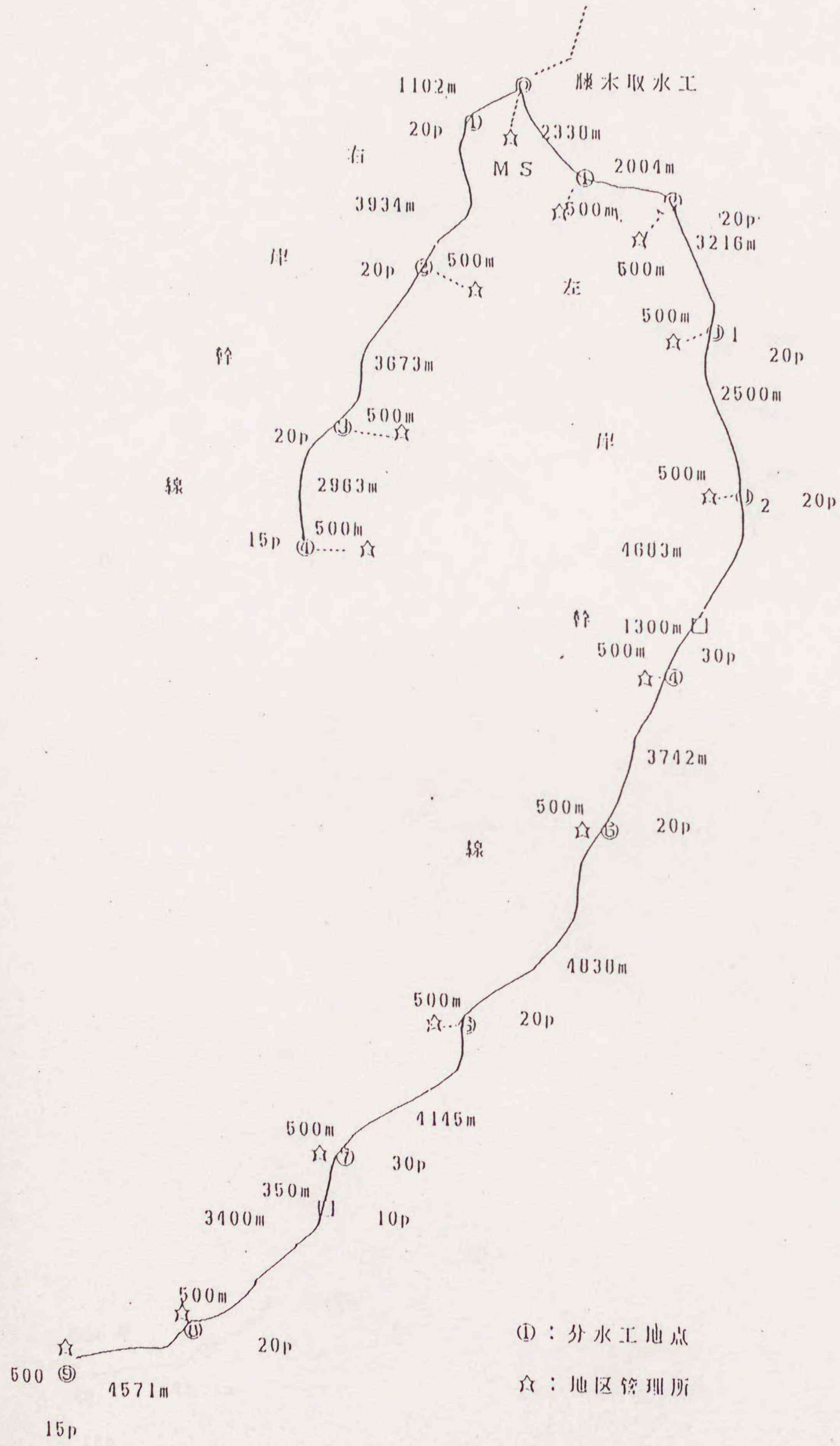
ｃ．情報伝送方式

１）概　　要

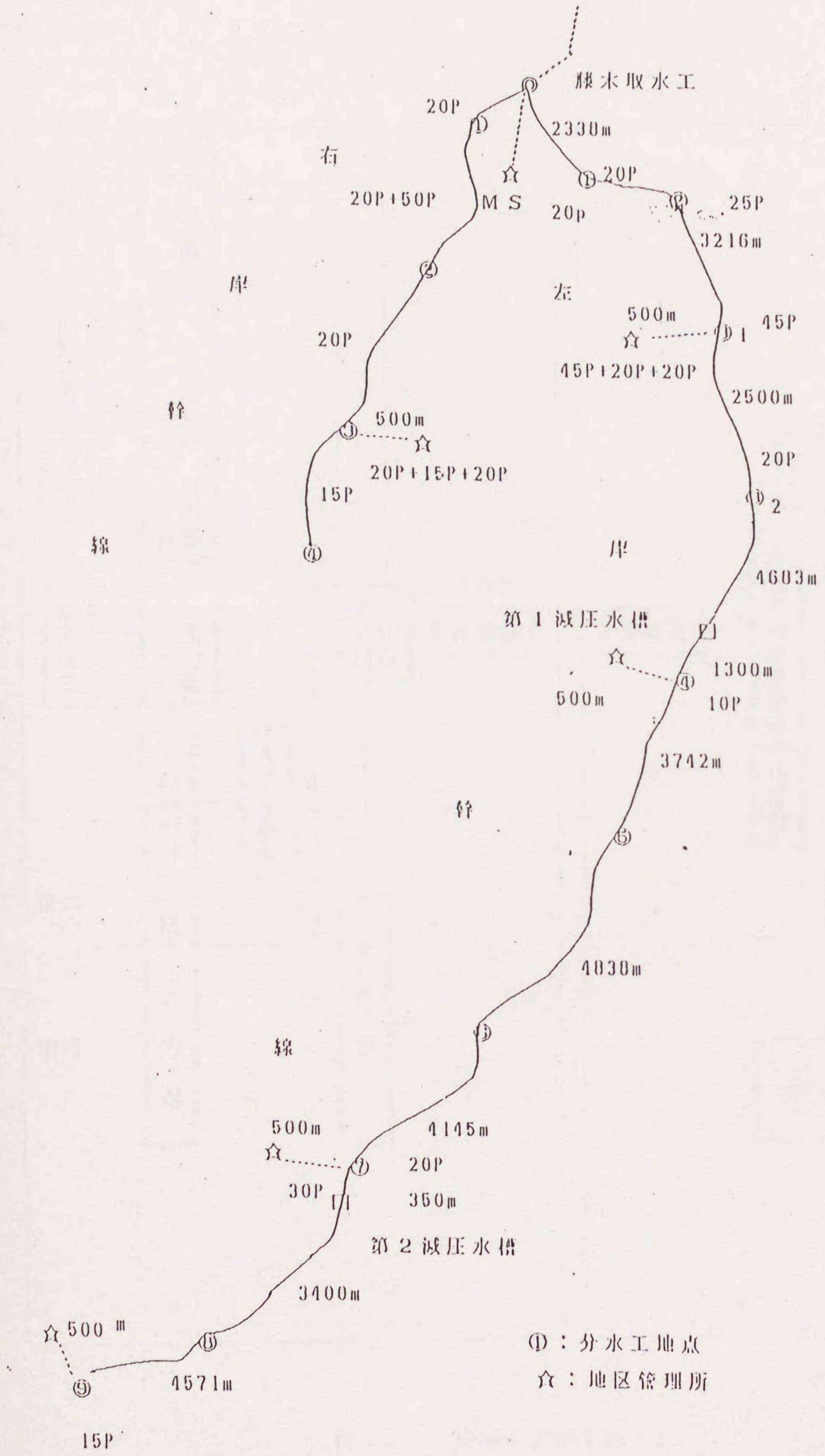
情報伝送とは水位・流量などの現場データを遠方の管理所へ，あるいは逆に遠方の管理所からの命令を各現場に伝送することである。集中管理システムには不可欠の構成要素で，情報伝送なくしては集中管理は有り得ない。図－３９に代表的な情報伝送の概念図を示す。

情報伝送方式の選択に当たって，先ず検討すべき事項は伝送回線の設定と伝送網の構成である。これらは，システムの目的，条件、経済性，信頼性などによって決定される。

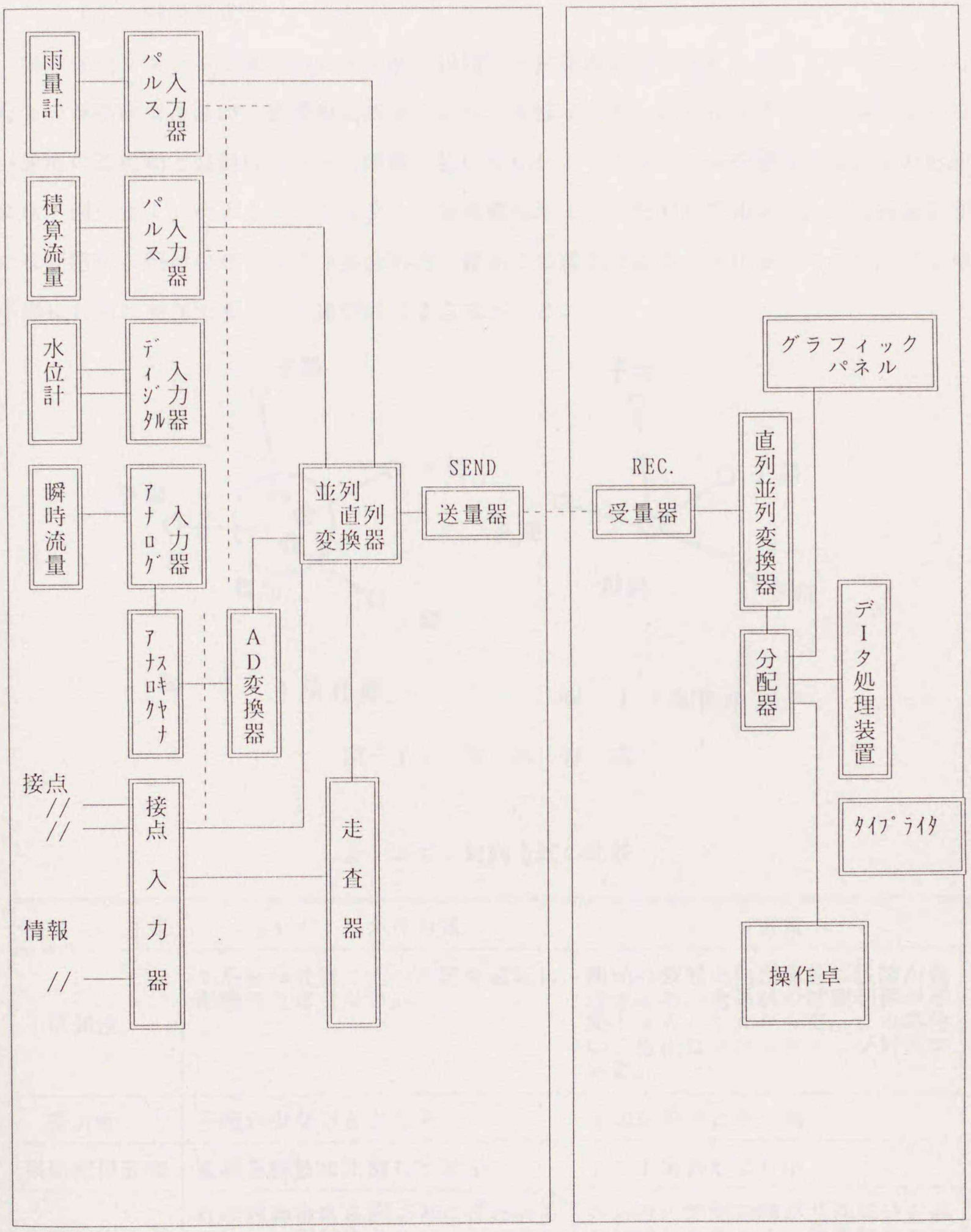
情報伝送方式の選定は一般に，上記伝送路条件下にあって，いかにして「誤りなく」，「速く」，「経済的に」情報伝送ができるかに要約され，符号伝送変調方式，符号化と誤り訂正方式が情報伝送システムを左右する課題として，種々の研究と実用化が進められている。これらの方式選定にあたっては，農業水利施設の特徴を考慮し，究極動作特性から理想的な方式を選定するよりも，単純化と信頼性に重点を置いた選定が必要と考えられる。



図－３８　全私設線１３局案（子局の配置）



図－３９　全私設線　５局案（子局と直送部）

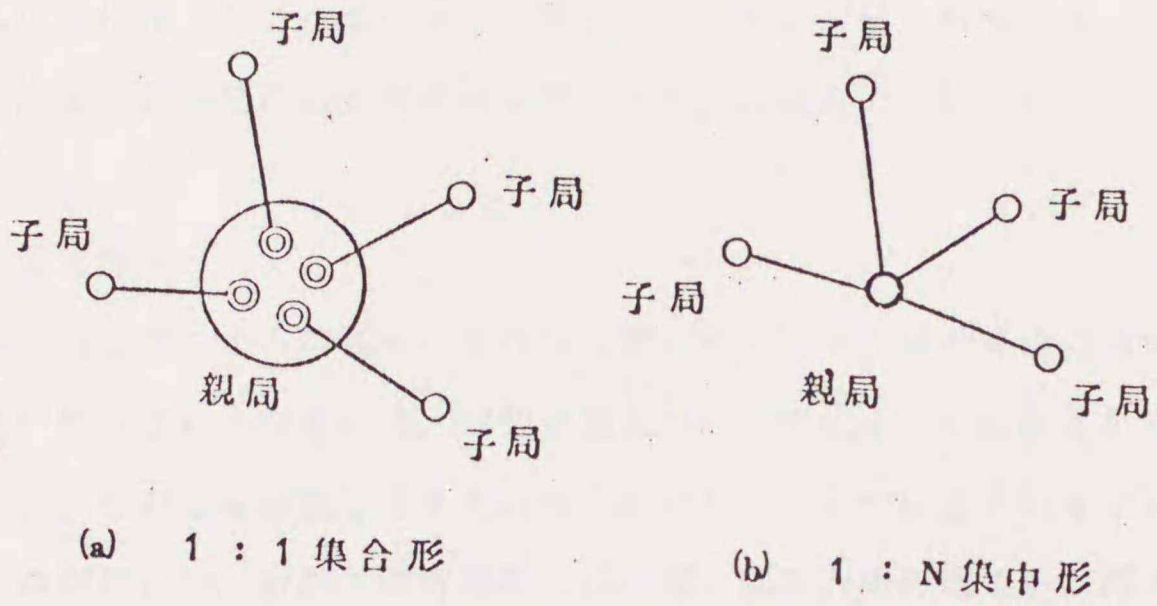

雨量計
パルス入力器
積算流量
パルス入力器
水位計
ディジタル入力器
瞬時流量
アナログ入力器
アナスキャナ
AD変換器
並列直列変換器
SEND
送量器
REC.
受量器
直列並列変換器
グラフィックパネル
分配器
データ処理装置
タイプライタ
操作卓
接点
接点入力器
情報
走査器

図－４０　情報伝送概念図

2）情報伝送の構成

（1）対向方式

集中管理システムでは，中央管理所（親局）と被監視局（子局）とが，1：1に対向したものが基本であるが，被監視局が多くなり，規模が増大し広域化すると，集中管理する一箇所の監視局と遠隔監視される多数の被監視局が1つのシステムを構成する。その形態には，図－41　のように，システムの装置構成が1：1対向形を集合し，各対向装置間には回路的な関連のない1：1集合形と，親局での監視装置が一体化されており，全ての子局に共通に動作する1：N集中形の2方式がある。



図－41　対　向　方　式

表－26　対向方式の比較

項目　　方式	（1：1）×N方式	1：N方式
信頼性	1系統の故障は他の系統の運転に影響を及ぼさない。	親局の装置の共用部分に故障が発生すると，全系統の計測制御が不能となる。したがって，この部分の二重化などバックアップ対策が必要。
経済性	子局が少ないとき有利	子局が多いとき有利
親局据付面積	監視系統数に比例して増加	1：1集合形より小
伝送速度 サイクル時間	計測制御が各系統ごとに行われるので，計測制御のスピードが速く，早いレスポンスの計測対象に追随できる。	各系統の計測制御が共通部分を通じて行われるため，計測制御のスピードは，1：1集合形より遅くなる。
計算機導入	入出力点数が多く，したがって接続点数が多くなるので，入出力処理に手間がかかる。	入出力点数が1系統分だけで済むので、接続容易である。

以上のように両方式と一長一短があるため，システムの目的によって選択決定されなければならない。一般的には両方式の採用の分岐点は，反応動作レスポンスである。本地区では情報量，制御頻度，伝送必要時間及び経済性から（１：Ｎ）方式が適当と判断される。

（２）常時伝送と呼び出し伝送

情報の伝送を大別すると，常時伝送と呼び出し伝送とに分けられる。これらは伝送路の特性，経済性，システムの特性により分類される。

常時伝送は主として，高速度，大容量，重要システムに適用される。この場合は伝送チャンネル数，処理装置の処理速度，容量に十分な配慮が必要である。

呼び出し伝送は主として，低速度，小容量システムに適用されている。伝送チャンネル数が少なく，また処理装置の処理速度が遅くても良い場合に用いられる。

３）伝送信号形態

信号とは，情報源による情報を、それを必要とする場所へ送る場合の情報の形である。データ伝送に使用される信号には，対物理量及びその変化を，連続量として伝送されるアナログ信号と，それらを数値符号または特定信号符号として伝送されるディジタル信号とがある。その選択には，計測・制御場所での計測・制御方法と情報処理部での処理方法及び環境・精度・速度・などの設計条件を考慮しなければならない。

表－２７　にアナログ伝送とディジタル伝送の特性比較を示す。

（１）アナログ伝送

電圧・電流等のアナログ信号（連続量）を，伝送路の損失変動を受けないように，周波数に変換して伝送するもので，変換周波数は１２～２４Ｈｚ を標準としている。

装置及び回路構成が簡単であるが，伝送時間もある程度必要であり，一般に少容量の伝送に用いられる。

（２）ディジタル伝送

アナログ信号（連続量）をディジタル量に変換し，さらに符号化して伝送するもので，高精度・高信頼度伝送を可能とするが，１畳のデータ伝送に必要なパネルの他に共通パネルを多く必要とし，大容量伝送において経済的となる。また，テレメータ信号の他に表示・制御・設定値指令等のディジタル信号をも同時に伝送でき，コンピュータ等の処理装置と容易に接続できることを特徴とする。

本地区では，精度・情報量（接点信号を含める）・レスポンス・処理装置との接続など

の点から，アナログ方式より優れているディジタル伝送方式をとる。

表－２７　アナログ伝送とディジタル伝送の特性比較

	アナログ伝送	ディジタル伝送
1.伝送精度 (0-40 ℃)	±2%max	±0.5%
2.レスポンス	0 ～90% にて2 秒以下	伝送項目数により異なるが，一般に 0.5 ～5 秒以下
3.伝送帯域	1 量伝送につき50ボーの信号伝送 1 チャンネル	現在は200 ボー信号伝送が主として用いられている。 レスポンス5 秒の場合に1 チャンネルで約25ワードの伝送ができる
4.伝送路雑音，瞬断の影響	誤動作する 防止するには雑音検出チャンネルを設けてロックする	誤動作しない ただし，事前のデータを保持する
5.伝送路と伝送量	(a) ケーブル：信号伝送の合成レベル0dB(公社線)10dB(自営線)におさえる必要あり。 ケーブル損失とS/N 比により伝送量を決定する (b)70MHz/400MHz 無線機　混変調が多いため５量以下とする	200 ボー信号伝送は１音声帯域(0.3　3.4KHz) に６CH乗せることができる。伝送量の多い場合サンプリング周期を短くする場合は，伝送ルートを複数設ける
6.接点・ディジタル値	伝送不能	アナログ量，ディジタル量を同時に伝送できる。
7.コンピュータとの連続，日報作成，ディジタル表示等含む	アナログ信号をディジタル信号に変換する必要がある。	ディジタル信号渡しのため信号変換は不必要
	(注) 受渡しのタイミング，信号レベル条件は処理装置と相互に合わせる必要がある。	

d．監視制御方式

１）監視制御と自動化

中央管理所の処理装置による自動化については，省力化を主体とし，緊急度の低いオンライン処理ならびにオフライン処理などを行わせる。

集中化構成は，その規模にもよるが下記で代表される。

①　階層構成，　　②　グループ構成

集中化における中央判断機能は，その集中化のレベルが高度になる程，共通度が高まり，高級になり大型になる。その機能がリアルタイムの場合には，情報量の増加は高速度性が

高まり，さらにバックアップシステムが重要になってくる。

本地区では，このような規模における処理装置は高価であり，２重化することは経済的にも不適当であるので採用しない。また，給水量は前日あるいは半旬の前倒し計画により行われ，プログラムによる設定制御が容易である。

以上のような状況にもとづき，処理機能については，

① システム自動監視＝運用信頼度，安全性管理

② 省力化　　＝プログラム自動運転＝常時監視＝記録・集計の自動化

などを主体に計画することとする。

各分水工の施設は，ファームポンド水位の確保をディスクバルブで制御する計画のため，チェック・分水バルブの制御レベルは低くてよく，総合給水運用系も単純化できる。

常時監視機能の向上のため異常検出は現場で行うものとし，また，調整制御は藤木取水工は中央からの設定値にしたがうマイナー方式とするが，各分水工では，運転員による遠方直接制御とする。

２）装置ハードウェア

監視制御の対象施設は広い面積に分散配置され，屋外，水中などにあるため，無点検・無調整が強く望まれる。したがって，集中監視設備は，精度よりも信頼度確保のための理解のし易さ，識別のし易さ，などから単純さを重点に考えることとする。

導水路以降の施設については，変化量の絶対値が一般に少ないので，アナログ方式でもデジタル方式と同等の精度が確保できるので，水位計その他，積極的にアナログ機器を活用する。

ソフト装置の適用については，ハードウェア量，変更性，プログラム作成の容易性等をハードウェア方式と比較し，有利な機能を適用するものとする。ただし，運用において，直接プログラム作成作業またはプログラム知識を要する作業は，後の管理体制を考えて，なるべく無くするように設計するものとする。

３）信頼性

装置信頼度，運用信頼度は，その装置あるいはシステム構成の容易性，確実性と密接な関係にある。すなわち，装置，運用の諸条件に対して適切な無理のないものでなければならない。

（１）伝送方式

(a) データ伝送方式

データ伝送方式は，親局で選択切り換え方式の１：Ｎ構成とする。後述の経済性の項で詳しく述べるが，電気的な情報伝送速度に比べ，水理現象は桁違いに動作が緩いので，時系列的な扱いにより共用度を高め，装置ハードウェア量を低減し，装置信頼度を高める。

すなわち，中央管理所では，データ送受信回路一式を各分水工に対し共用する。

通常の室内環境条件における装置ＭＴＢＦ（平均故障時間）実績は，対向で１～２年程度である。いま，１：１構成を１００％とすれば，１：Ｎ（１４）では，ハードウェア量は単純計算で約６０％になり，ＭＴＢＦは同様に１．７倍に改善される。

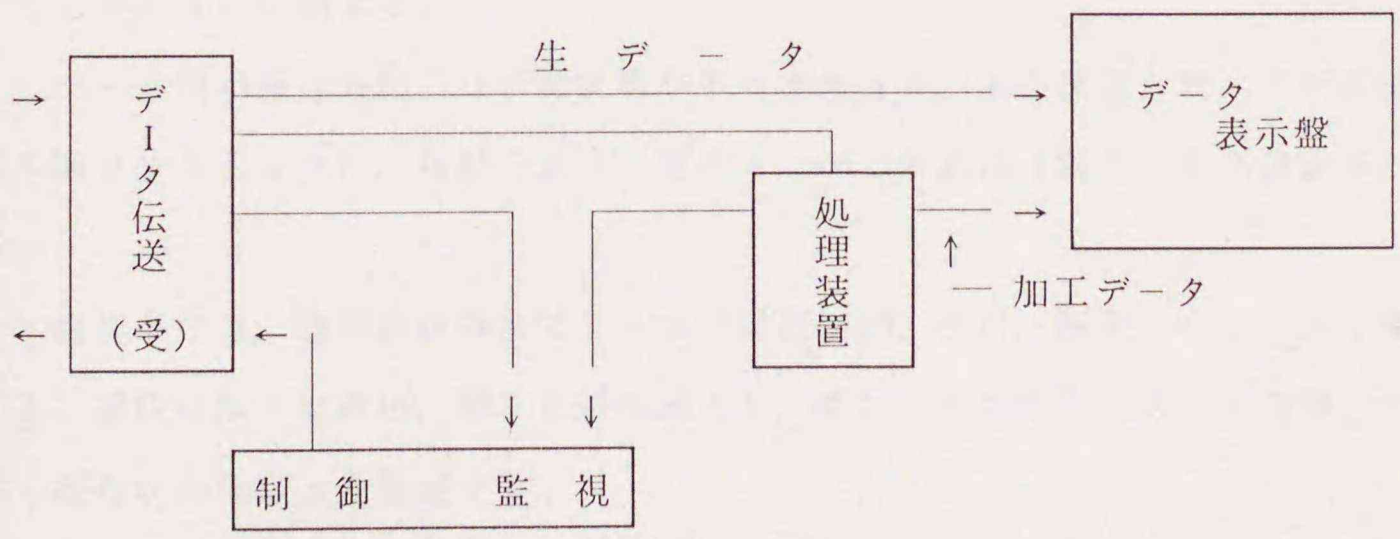
(b) 符号方式及び伝送速度

等長符号は伝送効率が最も高いが，やや高度な技術を要する。このため，等価な性能をもち，平易な技術で理解し保守できる隣接照合方式によるワード同期方式が広く実用化している。反転照合のため通常の回線に多いBrust 雑音には特にFail Safe である特性をもっている。

伝送速度については，下記の点から200 ﾋﾞｯﾄ／秒を推奨する。

・通常の伝送路では200 ﾋﾞｯﾄ／秒以下ならば精密保守の必要がない。

・公社線では，ケーブル内芯線接続において，スリーブジョイント法のところがあり，テレメータ信号のような微弱信号ではコヒラー効果による幅のごく狭い瞬断雑音を発生し，高速度伝送において急激に伝送品質を低下することがある。200 ﾋﾞｯﾄ／秒以下ではその影響が比較的少ない。



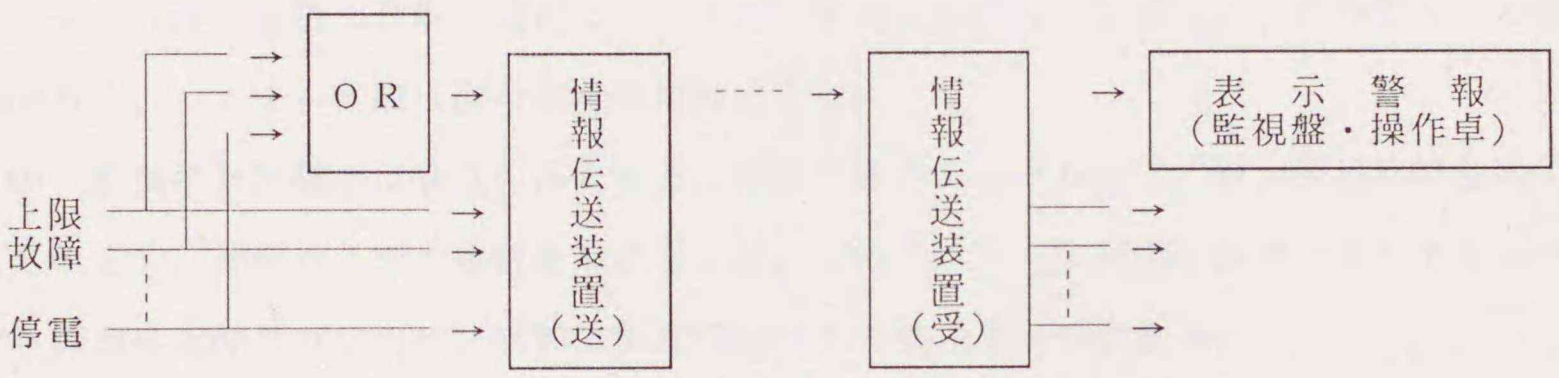
図－４２　中央管理所の情報フロー

（２）データの監視

装置の保守・拡張作業あるいは故障による一部機器の故障においても，システムの大局的な状態把握は維持することが望ましい。この目的に適合する中央管理所内の機器構成を図－４１　に示す。

すなわち，操作卓（監視）及びデータ表示盤には，それぞれ生データ（水位，開度，流量など）を表示し，一方、処理装置経由で加工したデータ（計算値，積算値，その他演算結果）を表示する。この方法によれば，生データは処理装置を経由しないので，最低限生データの表示監視が確保される。

なお，設備機器故障，水理異常などの情報については，子局においてそれぞれのビットとは別口に，それらのＯＲ（論理和）ビットにより伝送し，直接表示警報するものとする。



図－４３　警報ビットの伝送方法

（３）データ表示と操作卓

運用はワンマンコントロール方式とする。すなわち，運転員が操作卓に座ったままで，全体の稼働状況の把握，及び必要な計画，具体的な操作を人間工学的に誤りなく，疲労なく行えるように計画する。

・データ表示盤は大局的な状況把握が生命であって，主要情報・データが容易に確認，読み取りできるように，項目の選定，室内ムードとの調和（鋭さ，落ち着き等）に留意する。

・操作卓では，制御操作は全て２～３段操作（局，項目，制御）とし，誤り操作を防止する。構成は取水は専用，分水は選択式とし，オンライン操作に要する情報・データの表示・操作が可能なよう配慮する。

（４）安全管理

◎取水工の安全管理……藤木調整池の水位設定制御において，何らかの異常により水位

が異常上昇した場合は，第１次ゲートを急降下させ用水の流入を阻止するが，事故防止上重要な制御であり，次のように行う。

・高水位の検出は最も単純で信頼度の高い電極棒を用いる。

・検出時にはその信号によって機側盤シーケンスにより，直ちにゲートの急降下制御を行う。また，中央管理所に警報信号を送る。中央管理所からの判断指令は行わない。

◎取水の過流量監視……取水の過流量の原因は，下流分水点の圧力低下，配分不適当，管路破裂などによるものと考えられる。過流量監視は，流量計測値を中央に伝送してソフトウェアにより監視するものとする。

◎ゲート・バルブの異常監視……過負荷・故障などの異常情報については，各ゲート・バルブごとに行い，最大１分以内に中央管理所で検知できるようにする。

（５）保　　守

システム及び装置の理解，識別のし易さ，保守のし易さは，装置信頼度維持にとって重要である。システム構成は次の事項を原則とする。

①　監視系と制御系は独立の系とする。制御の有無にかかわらず，監視系は常時稼働するものとし，連続システム監視を可能とする。これにより，制御系に故障が生じてもシステム監視に支障はないので，制御は別途電話による依頼などができる。

②　処理装置による演算処理は緊急度の低いオンライン及びオフラインを主体とする。処理のソフト化は次の要素に重点をおいて計算する。

・同一機能の場合，ソフト処理の方がハードウェアの絶対量が少なく，高ＭＴＢＦが期待できる。

・機能の変更の場合，改造停止・デバック停止時間が短く，また，改造による装置品質の低下がない。

すなわち，演算処理は，運用上の補助的機能並びに省力化機能を主体とし，機能変更・運用定数設定などの面において十分な活用を図る。

装置構成ユニットは，入力・出力点において，試験信号の印加，ならびに出力信号の点検が容易に行い得るよう試験端子，あるいは切り開き端子を設ける。また，ユニットは原則としてユニット単位のプラグイン構造とし，故障時の回復，改造時間などの短縮を図る。

４）経済性

初期投資及び維持経費について考慮する必要がある。

（1）初期投資の低減

信頼性の項で触れたように，水理現象は緩いので，時系列的な扱いを全面的に適用する。

・1：Nデータ伝送構成－－－－親局1に対して，子局1を対向させ，親局設備を低減する。結果として親局の床面積・消費電力・空調容量・予備付属品類などの波及効果は大きい。1：N構成では，共通部の故障によるシステムダウンを避けるためにバックアップ設備を用意するのが通常である。

・装置構成をビルディングブロック方式とする。土木工事の進展に伴う容量の増加，局数の増加については，伝送装置，処理装置のP－I／Oをデータブスに対して任意に接続できる方式とし，ユニットを積み重ねるイメージの組合せ構造とする。

この方式は，データブスの延長により装置容量を容易に拡張できるので，初期基本設備を小さくすることができる特徴をもっている。

（2）装置寿命

寿命については次のような事項があげられる。

① 磨耗劣化

② 拡張不能

③ 信頼性不適合

④ 部品補給不能

⑤ 流行

この内，②，③については，計画時点において十分考慮すべき事項である。保守性は，①，④が関係している。

近年の電子機器は，固体素子の導入により，消耗する素子は限定されてきている。

・経年劣化素子：

電磁リレー　　：大電流の開閉，

：”1”，”0”信号の絶縁

電解コンデンサ：小型大容量（電源回路など）

これらは余裕ある設計により5年以上の寿命設計は可能であり，また定期的な取り替え設計もされている。部品補給は近年技術革新が著しいために，特にIC素子において問題があり，数年程度のセカンドソース保証しか得られていないのが現状である。

・素子の改良：数字表示には，従来ニクシー管（寿命5×10・3時間）を用いているが，寿命1/2 年程度であり，かつ電圧依存性の大きい欠点がある。発光ダイオードを

電光式に配列した文字表示器を使用すれば，寿命は半永久的である。

装置構成ユニットの前面などに取りつける状態試験ランプ類は，同様に発光ダイオードを用いる。信頼度が向上し，ランプ試験が不要になる。

テレメータ・テレコン及び処理装置のビット入力器（ＤＩ）にはフォトカプラ素子を使用し，微小信号を受渡し点における耐圧・塵埃などに対する信頼度の向上を図る。

5）停電対策

現在のところ，商用電源の停電は，その回数・継続時間ともに極めて少なくなっている。

停電の原因としては，直撃雷，崖崩れなどの天災、配電線工事，交通事故などの不慮の事故などがある。

農業用水の取水，幹線導水路の制御は，その頻度が一般に低く，停電しても現状維持とすることにより，支障のないように計画されていることが多い。また，天災や工事停電などを除けばその復旧は早く，３０分以上に及ぶことは極めて稀である。

したがって，監視システムにあっては，

・流量など積算データの消失を防止する。

・送電復旧時における手動起動操作，あるいは不正動作などが生じない。（例えば，設定値の消失など）

などの処置を行わなければならない。中央局設置において，オンラインリアルタイムを継続するには，ＣＶＣＦなどの無停電設備を設けることが望ましいが，上述のような現状を容認するならば，必ずしも設備を要しないと言える。ただし，情報の消失や誤りを生じないように不揮発性記憶素子の活用と保護について対策を行わなければならないが，現状の制御用ソフト処理装置は，全てこれらの機能を具備している。

停電対策をもたない場合は，停電により盲目運転になることは当然であるが，表示盤の表示データは揮発性記憶素子を用いるために改めてデータ収集し，改新するまでは誤ったデータ表示を行うが短時間である。

e．計装システム

1）情報項目と機器

情報項目を表－２８，情報構成を図－４４，システム構成機器を表－２９に示す。

2）情報の表示・記録

① アナログとディジタル：表示と記録には，アナログ系とディジタル系がある。精度・経済性・保守性等により選定する。

② シグナルフロー：本地区における情報の表示・記録方法を表－３０に示す。

3）安全管理

（1）対象

安全管理の対象として，次のものが考えられる。

① 水路施設

・水　槽：水位の上昇によるオーバーフロー

・パイプ：事故・地震あるいは水系の不安定（ウオーターハンマ，サージング等）によるパイプのひび割れ・破裂

② ゲート，バルブ施設

・ゲート：故障（異常）

・バルブ：故障（異常）

・除塵機：故障

・ポンプ：故障

③ 電源設備：停電

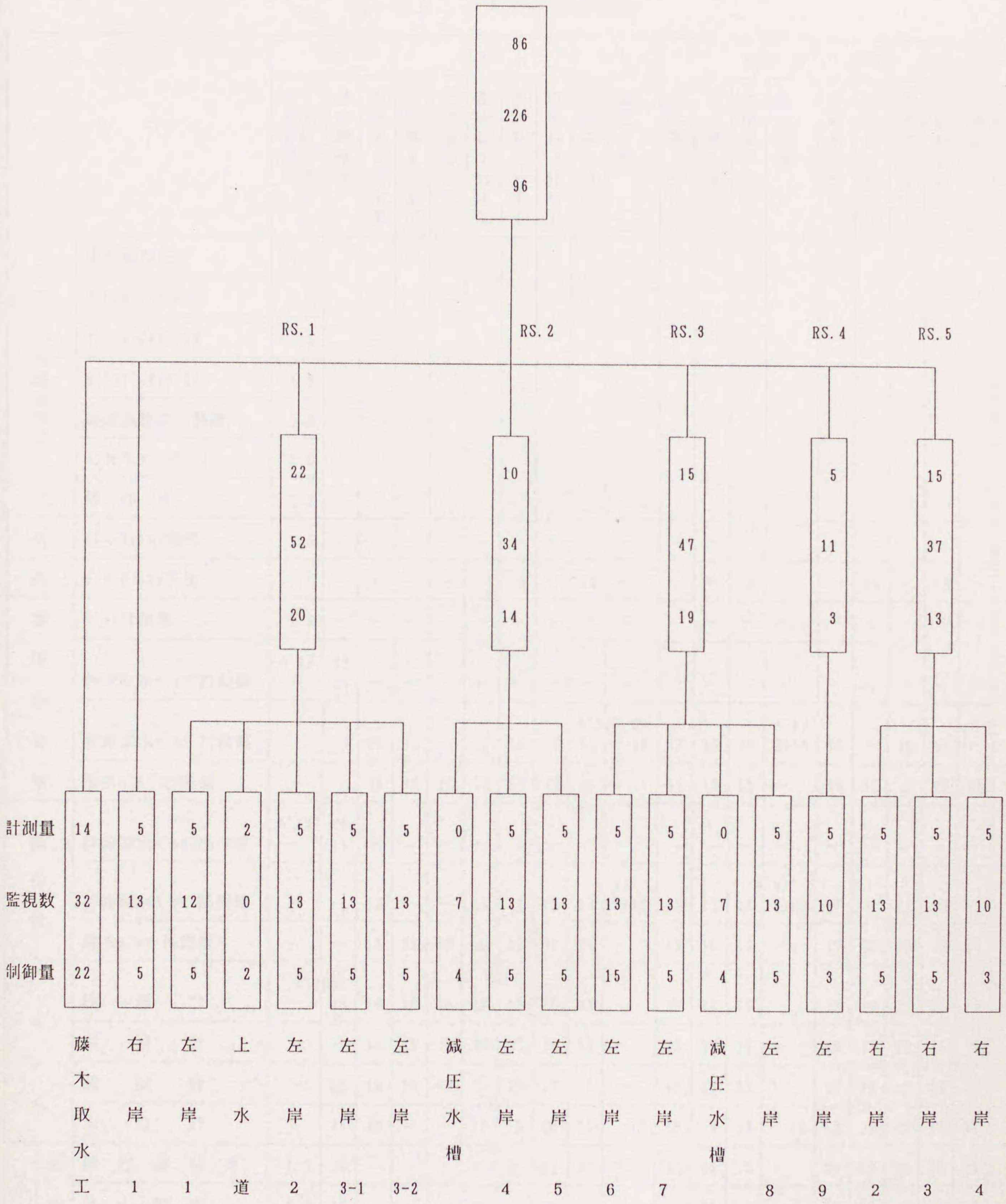
④ その他

・取水量：取水工での過流量，左・右岸合計流量

・配水使用率：８０％オーバー

表－２８　付属設備　取水工　項目表

| | | 計測（TM） | | | | | | | | | | | | | | 制御（TC） | | | | | | | | | | | | | |


ＭＳ：藤木取水工
86
226
96
RS. 1
RS. 2
RS. 3
RS. 4
RS. 5
22
52
20
10
34
14
15
47
19
5
11
3
15
37
13
計測量
監視数
制御量
14 32 22
5 13 5
5 12 5
2 0 2
5 13 5
5 13 5
5 13 5
0 7 4
5 13 5
5 13 5
5 13 15
5 13 5
0 7 4
5 13 5
5 10 3
5 13 5
5 13 5
5 10 3
藤木取水工
右岸 1
左岸 1
上水道
左岸 2
左岸 3-1
左岸 3-2
減圧水槽
左岸 4
左岸 5
左岸 6
左岸 7
減圧水槽
左岸 8
左岸 9
右岸 2
右岸 3
右岸 4

図－４４　情報構成図

表－２９　システム構成機器

		MS			RS・1					RS・2			RS・3				R4	RS・5			計
		中央管理所・国営事業所	藤木調整池	右岸第1分水工	左岸第1分水工	上水道分水工	左岸第2分水工	左岸3-1分水工	右岸3-2分水工	左岸第4分水工	減圧水槽	左岸第5分水工	左岸第6分水工	左岸第7分水工	減圧水槽	左岸第8分水工	左岸第9分水工	右岸第2分水工	右岸第3分水工	右岸第4分水工	
データ処理機器類	中央処理装置	1.S																			
	ﾌﾟﾛｾｽ入力装置	1.S																			
	ｺﾝｿｰﾙ・ﾀｲﾌﾟﾗｲﾀ	1.S																			
	ﾛｷﾞﾝｸﾞ・ﾀｲﾌﾟﾗｲﾀ	1.S																			
	高速紙読取り装置	1.S																			
	ＣＲＴﾃﾞｨｽﾌﾟﾚｲ	2.S																			
	操　作　卓	1.S																			
伝送	ﾃﾚﾒｰﾀﾃﾚｺﾝ親局	1.S	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	1S
	ﾃﾚﾒｰﾀﾃﾚｺﾝ子局	－	－	－	－	－	－	1S	－	1S	－	－	－	1S	－	－	1S	－	1S	－	5S
現場計装盤	ｹﾞｰﾄ計装盤	1.S	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	1S
	幹線取水ﾊﾞﾙﾌﾞ計装盤	ﾊﾞﾙﾌﾞ 4ヶ －	1S	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	1S
	幹線制水ﾊﾞﾙﾌﾞ計装盤	－	－	1S	1S	－	1S	1S	1S	ﾊﾞﾙﾌﾞ 2ヶ 1S	1S	1S	1S	1S	ﾊﾞﾙﾌﾞ 2ヶ1S	1S	－	1S	1S	－	14S
	取水ﾊﾞﾙﾌﾞ計装盤	－		1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	－	1S	1S	1S	－	1S	1S	1S	1S	1S	15S
操作盤	幹線取水ﾊﾞﾙﾌﾞ操作盤	ﾊﾞﾙﾌﾞ 4ヶ －	1S	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	1S
	幹線制水ﾊﾞﾙﾌﾞ操作盤	－	－	1S	－	－	1S	1S	1S	1S	ﾊﾞﾙﾌﾞ 2ヶ1S	1S	1S	1S	ﾊﾞﾙﾌﾞ 2ヶ1S	1S	－	1S	1S	－	14S
	取水ﾊﾞﾙﾌﾞ操作盤	－	－	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	－	1S	1S	1S	－	1S	1S	1S	1S	1S	15S
センサ	流　量　計	超音波 －	4S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	－	1S	1S	1S	－	1S	1S	1S	1S	1S	超音波ﾍﾞﾝ 15S
	雨　量　計	－	－	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	－	1S	1S	1S	－	1S	1S	1S	1S	1S	15S
	開　度　計	－	2ヶ	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	－	1S	1S	1S	－	1S	1S	1S	1S	1S	17S
	水　位　計	－	2S	1S	－	－	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	18S
工事 屋内	機　器　据　付　け	1.S	1S	－	－	－	1S	1S	1S	1S	－	1S	1S	1S	－	1S	1S	1S	1S	1S	15S
工事 屋内	屋　内　配　線	1.S	1S	－	－	－	1S	1S	1S	1S	－	1S	1S	1S	－	1S	1S	1S	1S	1S	15S
工事 屋外	機器据付けセンサ	－	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	18S
工事 屋外	線　路　工　事	－	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	1S	18S

注１）1S, 2S---：計測器，装置等１式，２式の略
注２）1ヶ, 2ヶ---：バルブ等の機器１台，２台の略

表－３０ 情報の表示・記録のシグナルフロー

現場	種別	機側		子局		中央管理所					
						表示		記録	警報		
		表示	記録	表示	記録	監視盤	操作卓	ﾀｲﾌﾟW.	ﾌﾞｻﾞｰ	ﾍﾞﾙ	L.ﾌﾘｯｶ
1.藤木取水工											
調整池水位	D			D	A	D	D選	D			
取水水槽水位	A	A		A	A	D	D選	D			
左岸幹線流量	A	A		∩瞬D積		D	D選	D			
左岸補助幹線流量	A	A		〃 〃		〃	〃 〃	D合計			
右岸幹線流量	A	A		〃 〃		〃	〃 〃	D			
右岸補助幹線流量	A	A		〃 〃		〃	〃 〃	D合計			
1次ゲート開度	A	A		A		D	D選				
2次ゲート開度	A	A		A	A	D	D選				
左岸幹線バルブ開度	A	A		A		D	D選				
右岸幹線バルブ開度	A	A		A		D	D選				
ｹﾞｰﾄ･ﾊﾞﾙﾌﾞ全開・全閉	D	L		L		L	L選				
ゲート故障	D	L		L		L局	L選	D		○	
バルブ故障	D	L		L		L局	L選	D	○		
取水水槽水位 高・低	D			L		L局	L選	D		○	
1次ゲート急降下	D	A		L		L局	L選	D		○	
取水過流量	D			L		L局	L選	D		○	
停電	D			L		L局	L選		○		
除塵機故障	D			L			L選		○		
2.各分水工											
ファームポンド水位	A			A	A	D	D選				
減圧水槽水位	A	A		A	A	D	D選				
取水バルブ流量	A	A		A		A	A選				
取水バルブ開度	A	A		A			A選				
雨量	A			D			D選	D			
バルブ全開・全閉	D	L		L		L	L選				
バルブ故障	D	L		L		L局	L選	D	○		
減圧水槽水位高・低	D	L		L		L	L選	D	○		
ﾌｧｰﾑﾎﾟﾝﾄﾞ水位高・低	D			L		L	L選	D	○		
ポンプ故障	D			L		L	L選	D	○		
停電	D	L		L		L局	L選		○		

注） A：アナログ　　D：ディジタル　　L：ランプ
　　選：選　択　　局：局名ﾗﾝﾌﾟﾌﾘｯｶｰ

（２）保護対策

①　制御系によるもの

・取水水槽：マイナーループによる自動定水位制御を行う。さらに２次ゲートが故障すると，１次ゲートによりバックアップする二重保護対策をとる。

・ファームポンド入り口には機械的に作動するディスクバルブがついているので，水位が高くなれば自動的に弁を閉じ，幹線からの流入を止め，水位上昇を防ぐ。このバルブが故障で作動しないときは，水位の異常上昇が管理所に知らされるため，運転員の直接制御により取水弁をコントロールする。

・減圧水槽：取水弁の開閉などにより，サージング現象が予想され，水槽基準水位を越える危険性がある。ここでは，減圧水槽水位の異常高さによる受水弁の開度の調整制御を自動的に行うものとする。

②　子局での異常信号を中央局に知らせるもの

次にあげる各信号は子局で状態を検出し，その情報を中央局に知らせるものとする。

・故障信号：ゲート，バルブ，除塵機，ポンプ

・停電：電源設備

・過流量：取水量オーバーの時間監視

・水位の高低：取水槽，減圧水槽，各ファームポンド

・急降下：１次ゲート

・制御不履行：各局

・回線断

・符号渋滞

③　中央局で演算結果により判断するもの

・配水使用率を各分水工において演算し，その値が８０％をオーバーしたら，赤ランプ表示とする。

・各分水工取水量を中央で演算し，各々規定された最大流量がある一定時間続くと警報を発するものとする。

・各分水工の取水量の合計が右，左岸各々において，それぞれ規定されている最大取水量を越えた場合，警報を発するものとする。

（３）警報の方法

前記の異常が発生すると，中央局では次の装置により警報を知らせるものとする。

表－３１　警報一覧表

警報の手段 / 項目	表示			警報		
	操作卓赤ﾗﾝﾌﾟ	ｸﾞﾗﾊﾟﾈ局名ﾌﾘｯｶ	ｸﾞﾗﾊﾟﾈ赤ﾗﾝﾌﾟ	ベル	ブザー	タイプライタ
①取水ゲート故障	○	○		○		○
②バルブ故障	○	○			○	○
③上記以外の機器故障	○	○	○		○	
④停電	○	○			○	○
⑤過流量	○	○		○		○
⑥取水水槽水位高低	○	○	○	○		○
⑦Ｆ・Ｐ，減圧水槽水位高低	○	○	○		○	○
⑧ゲート急降下	○	○		○		○
⑨制御不履行	○	○			○	
⑩回線断	○	○			○	
⑪符号渋滞	○	○			○	
⑫使用率８０％オーバー	○					○
⑬最大取水量オーバー	○			○		○
⑭各分水工取水量オーバー	○			○		

４）情報の処理

テレメータにより収集されたデータは，中央では次のように処理される。

・表示・記録

・配水計算

・水理計算

・日報・月報の作成

・その他

５）制御

（１）制御方法

当地区の制御には，以下の制御方法につき検討する必要がある。

①　制御対象から

・水位と流量：藤木取水工及び減圧水槽は水位を対象にゲート及びバルブを制御する。各分水工は流量による開度調整制御とする。

・積算流量と瞬時流量：積算流量の制御は，全開－全閉の制御とするため，制御装置としては安価であるが，急激な水頭の変化が起こり，制御系として不安定になる。また，

総取水量との関係で，適正配水のバランスをとることが困難である。

本地区では，各分水工における最大取水量を決めておき，その量の合計が規定水量以下となる範囲内での瞬時流量による制御とする。

② アナログ制御とディジタル制御

制御には，調節制御部の信号の形態により，アナログ制御とディジタル制御がある。

本地区では，経済性・信頼性よりアナログ式とする。

③ 設定値制御と直接制御（調整制御）

制御には，現場側にマイナーループをもち，設定値を与えるだけでその設定値になるまで自動制御する設定値制御と，直接”開”，”閉”もしくは”停”操作スイッチにより，手動で行う直接制御がある。

本地区では，制御頻度が多くて，しかも他の制御要素がなく，単独運転できる藤木取水工の取水ゲート及び減圧水槽の受水弁には設定値制御を，その他のバルブは直接制御とする。

（２）藤木取水工の制御

前述のように，取水１次，２次ゲートは定水位制御を目的に設定値制御とし，幹線取水バルブは取水流量を絞ることを目的に，運転員による直接制御とする。

（３）各分水工の制御

各分水工の幹線制水バルブは，異常事態や保守等のときだけ閉めることとし，全開－全閉制御を行う。副幹線の取水バルブは，運転員により直接制御で，開度調整制御を行うこととする。

（４）減圧水槽の制御

減圧水槽で自由流出となるため，圧力制御系としては一度オープンとなる。しかし，なんらかの原因で，水位が取水水位まで昇ることが予想される。したがって，ここではオーバーフロー防止のための設定水位制御（調整制御）を行うこととする。

６）監視設備

監視設備は次の装置から構成される。

監視盤（グラフィックパネル）

操作卓

配水表示盤

監視盤は，本システムの水の流れ，施設の稼働状況をグラフィックに表示し，操作員に瞬時に運転するための判断材料を与える。

操作卓には，操作の容易さを考慮し，操作に関する詳細情報表示を行う。

配水表示盤は，計画配水量，実配水量，降雨量，使用率等を表示する。この表示内容は日，半旬毎に変更される。

以上の目的をもつ監視系の機器に対して，次の角度から検討を行う必要がある。

①信頼性が高い，②耐久性がある，③軽量である，④小さい，⑤正確である，⑥外部からの影響が少ない，⑦表示されるパターンが簡潔である，⑧操作員の高度な練度を要しないこと，⑨できるだけ単純であること，⑩コストが利用に見合うものであること，⑪他の表示から容易に区別されること，⑫容易に形象化され適正な視覚・視度をもっていること。

管理に必要なランプ表示（監視・警報系），ディジタル表示（常時任意）及び制御項目を施設別に示すと表－２９　のようになる。また，配水表示盤については，経済性，運用の容易さ，占有するフロアスペース等から，

①　配水表示盤を選択表示にする。現在１４分水工と，左右岸計の１６系表示に対して，これを１系統のみの表示にし操作卓より選択することにより，任意の系統が表示される。

②　配水表示盤の代わりに，ＣＲＴディスプレイにする。

などの構成方式が考えられる。

７）外来サージと保護対策

集中管理用装置は，広範な地域に分散設置されるため，自然界（雷害など）ならびに人工（重電機器の動作など）の雑音侵入妨害を受けやすく，破壊，不正動作，劣化などの故障，障害などを起こし易い。

表－３２　外来サージとその対策

外来サージとその波及先	保　護　対　策
雷　害	避雷針，接地
電　源	絶縁，避雷器，接地，分電
伝　送　路	絶縁，避雷器，接地，信号帯域とレベル
ＰＩ／Ｏ線	信号レベル，吸収回路，絶縁
設置条件	シールド，接地

f．保守管理体制

1）保守体制

水管理システムは，年月，季節，天候，時間帯などにより，その利用度，要求される信頼度が大きく変化するのが通常であるが，防災，設備障害，盗難，破壊などに対処するため，常時の保守体制が必要である。

保守要員と体制については，現場設備と中央設備について考えられる。すなわち，現場設備の点検は，設備とシステムの計画当初から無調整・無保守など点検の簡略化により主機設備点検時，または定期巡回点検時に併せ行うのが望ましい。したがって，自動監視，バックアップ設備，フェールセーフなどの機能を高めた計画とする。中央設備は，装置量が多く，また技術レベルが高く，経済的理由からバックアップ設備の充実よりも，自動監視機能の強化，良好な環境の確保（空調設備，電源安定化供給等），日常点検などにより信頼度向上に留意する。

電子設備保守担当者は，システム規模，設備数，設備技術レベルなどにより異なるが，次のようなケースが考えられる。

ケース１．小規模の場合：専門技術担当者を育成する。または全面的に装置メーカーに依存する。

ケース２．中小規模の場合：日常点検は運用担当者が行う。障害時には装置メーカーに依頼する。定期点検を保守契約する。

ケース３．大規模の場合：組織内に専門担当部門を設け，全ての業務を行う。

通常はケース２とする例が多い。

2）保守のトレーニング

システム構成機器の取り扱いとその保守については，その機器の原理内容から理解する必要があり，一般に納入機器の現地調整後に納入メーカーの説明会が行われるが，高度な部門については，運転・保守担当技術者が製作工場に出向いて一通りのトレーニングを受けるのが普通である。トレーニング者の条件としては，

① 専門部門（水理など）の基礎知識があること，実務経験があればなおよい。

② 工業高校（電気・通信）卒以上の電気知識があること。

また，トレーニング期間は，情報処理装置，情報伝送装置では各々１週間程度が標準となっている。

3）点　　検

半導体化された装置では，劣化現象の発生検出は少なく，突発的障害発生が多い。したがって，定期的なシーケンス及び機能の正常か否かの点検，試験及び機械部分の日常手入れが主体である。

－－検出器・設定制御装置－－

① 日常点検：錆の発生，塗装，注油，除塵など外観保守点検を行う。また，現場記録紙の記録が安定した線を描いているか確認する。（制御精度とハンチングのチェックになる）

② 定期点検（６ヶ月～１ヶ年）

・検出器：水位計・開度計等について所定の検査を行う。

0･100％値，直線性，数値飛びの有無など専用試験設備や技術を要するものは，メーカーと保守契約を行うのが望ましい。

・設定制御装置：装置実動作での試験は困難な場合が多い。

開ループ式制御系では所定の制御信号が出るか，シーケンス試験を行う。

閉ループ式制御系では制御精度とハンチングの有無をチェックする。専用模擬試験装置を設けることが望ましい。

－－情報伝送装置－－

① 日常点検：伝送回線断，情報伝送不能，制御から表示までの遅れ時間異常などについて発生ごとに記録する。頻発する場合は伝送路装置の点検が必要である。

② 定期点検（６ヶ月～１ヶ年）

・伝送路：伝送路損失，ループ抵抗，信号～雑音比率

FS変復調器：送信レベル，受信レベル，受信レベルマージン，歪率

・アナログ系精度試験（A／D，D／A，増加・加算器など）

・接点入出力器の動作確認

・リレー接点の状態点検（制御出力用リレーなど）

・時計回路

・電源関係：各部電圧点検・調整，電池電圧・比重・液量

・各種監視回路の動作，動作点，出力，警報，表示，ランプ断芯

・予備・現用など，バックアップ切り替え動作

・バックアップ設備の機能試験

・冷却ファンのエアフィルター水洗（３ヶ月ごとが望ましい），異常音点検

－－情報処理装置，周辺機器－－

① 日常点検

・システムタイプライタのテープ挿入部の清掃，パンチくずの除去

・タイプライタ，プリンタなど機械装置の異常音のチェック

・室温の最高・最低チェック

② 定期点検（６ヶ月～１ヶ年）－－システム停止時間は0.5～1日－－

・中央処理装置，補助記憶装置：

コンソールスイッチの機能確認及び表示ランプの点検

テストプログラムによる動作試験（ｲﾝｽﾄﾗｸｼｮﾝﾃｽﾄﾌﾟﾛ，ﾒﾓﾘﾏｰｼﾞﾝﾃｽﾄﾌﾟﾛ）

異常監視，警報動作の確認

・システムタイプライタ，ロギングタイプライタ：

操作部スイッチの機能確認

各々テストプログラムによる試験印字，入出力を行わせ動作確認する。

（注）精密機械のため，清掃，注油，調整など定期契約保守になる。稼働程度により３～６ヶ月定期点検とすることもある。各装置内蔵の冷却ファンのエアーフィルター水洗は１～３ヶ月ごとが望ましい。

g．検討結果の総括

農業用水の管理制御システムに対する関心が高まり，各地で多様な施設が導入されつつあるが，受入れ側の使用条件が明確でないため，要求を十分に満たし得ないケースが多く，技術体系の整備が求められてきた。

本地区の場合は，水管理システムの検討が水利施設の工事の初期段階に始められ，設計変更の余地が残されていることから，水利施設とその監視制御施設とを有機的に一体化した，文字どおりの「システム」構想の実現が可能な条件が備わっていた。このため，現地の条件をあらゆる角度から吟味し，現時点で最適と考えられる水管理制御システムの構築を目標に検討を行った。水利施設としての計画・設計上の問題点の洗い出しとその対応方策の検討，水管理の内容，特に監視・制御項目の意義・必要性の検討，監視・制御の情報伝送系の比較検討等々について，それぞれの専門分野の技術陣を動員して議論を重ね，全体としてバランスのとれたシステム計画となるよう努めた。構想のとりまとめには，委員による大枠の審議，ならびに関係メーカーのヒアリング結果をもとに筆者が原案を作成し，

委員会での検討及びメーカーの確認を経て最終案とした。制御通信メーカー主導の弊害を避けるため，敢えて通常の逆の手順をとったものである。

しかし，ここで扱った技術分野は日進月歩の勢いで技術革新が続き，内容的にも流動的な要素があまりにも多いため，判断に迷う場面にしばしば出会った。また，装置・機器の細部仕様についても，肝腎の部分はブラックボックスで処理するほかなく，ユーザー側に立って筆者が具備すべき機能を示し，Yes-Noの結論をメーカー側に託する結果となった。

笛吹川地区の水管理システム計画に関与し始めてから１５年，国営施工部分の工事が完了し，県営事業として支線・末端施設の工事が続けられている。この間，本事業地区をめぐる農業事情は大きく変化したが，それ以上に通信・制御分野の技術の進歩と普及は当時の予想をはるかに上回るものがあった。

その第１は，エレクトロニクス・メカトロニクス技術の発展とハードウェアの低価格化である。この１５年間で性能的には２～３桁の進歩と安定化が実現し，価格的には1/10以下になって先進農家では経営管理のツールとしてパソコンを利用し，更にパソコン通信で全国ネットの産直販売を展開するまでになった。委員会での検討の過程でも，水管理の情報ネットワークを地域内の多目的情報交流に活用する案が出されたが，時期尚早とする考え方が支配的で日の目を見なかった。

第２は光通信の実用化である。期待される未来技術として専門誌を賑わしてはいたが，技術的な安定性において，またコスト的にも水管理システムの情報伝送路には考えにくく，候補から除外したが，外乱対策等の面からも検討に値する素材に育ってきた。現時点から見れば，光ファイバーケーブルを採用できる余地を残すべきであったかと悔やまれる。

第３は，情報通信手段の多様化である。私設ケーブルによる自営線，電電公社借用線（一般，専用）及び無線（単一，多重）の限られた選択肢の中で判断するほかなかったが，現在では電電公社が民営化され，きめ細かなサービスが行われるようになるなど，技術の進歩と社会的ニーズの変化により情報流通手段の幅が広がってきた。

更に，制御技術についても，簡易で農家レベルの管理に耐えるものを第一としたが，その後のめざましい技術革新により，操作性・信頼度の高い手法が実用化され，また昨今話題になっているファジー制御なども農業用水の管理になじみ易い面をもっているように思われる。

システム構想の策定，即導入・利用へと進行する場合はともかく，１０年以上をかけて完成する大規模な農業水利事業では，本地区のように事業着工初期に行った水管理システ

ムの検討のメリットが生かされず，斬新な方式の導入を阻む結果となる危険性ももっている。反面，水利施設工事の完成後の検討では，システム構成の柔軟な対応が制約され理想的なシステムが構築できない。長期的な視点のもとに計画策定を行うとともに，事業の推進経過を一貫して見守り，情勢の変化に柔軟に対応して的確な計画・設計変更のできる態勢を強調してきたが，実際には中々実行し難い問題で，長年月の間には担当者が何回も変わるなどにより，意に反して形だけ残って設計思想が伝わらぬ面も否定できない。

なお，これらの水管理システムの検討には，当然ながら，水利施設系の動的水理特性の解明や営農条件の変化に伴う水利用の実態解明，水利施設等の運営管理に関わる組織体制の問題等が大きなウエイトを占め，これらのテーマについては多数の研究があり報告されている。

第5章　結　　言

戦後の食糧増産を至上命令とする国家的要請のもとで，国営・県営の大規模な農用地開発・用排水改良等の事業が全国各地で活発に展開され，農業生産基盤の整備が急速に進んだ。しかし，昭和３０年代半ばを過ぎ，日本経済が史上まれにみる高度成長期にはいるとともに，農村では米を始めとする各種農産物の生産過剰と国際競争力の低下，農村の若手労働力の他産業への大量流出とこれに伴う集落機能の衰退等，農業構造の抜本的改革を必要とする事態を迎えた。そして，農業生産の安定化と生産性の向上に大きな貢献をしてきた各種事業による大規模かつ高度な水利施設や機械設備の運用管理も，計画当初に考えていたような集落共同体意識を支えとする旧来の水利組織に求めることが次第に困難な情勢になってきた。

一方，都市用水等の急激な需要増加，畑地灌漑等の新規農業用水需要等により，水資源の需給環境が逼迫し，優先使用の権利を保持してきた農業用水分野にも水利用の合理化・効率化が求められるようになり，こうした要請に応じた新規事業が始まる等，水の量的充足からその効率的利用へと水利計画の重点が移行してきた。このような農業内外の情勢変化を背景として，昭和４０年頃から農業水利施設の管理・制御に情報工学，通信・制御技術を導入して水管理の省力化，水利用の効率化を図ろうとする新しい「水管理システム」構築への機運が高まってきた。ここでは，「人」の組織と人力によるきめ細かな操作管理を前提として培われてきた伝統的な「水管理」技術を基盤とし，新しいシステムに向けて開発すべき技術的課題に関心が集まり，事業現場で試行的にシステムが導入される一方で，農業工学のほか，農学，電気・機械，社会科学等，産・学・官を含む多様な分野の研究者・技術者がいろいろな角度から水管理の問題に取り組むようになって現在に至っている。

農業水利施設を水源から末端圃場に至る一つの系としてとらえ，需給の変動に伴う通水流量の増減に応じた水系各部の流況をシステム的に解析するシミュレーション手法が次々に改善・提案されて，これまで現場または模型による通水テストに頼るほかなかった流量変動時の過度的水理特性が予測できるようになった。ハード面ではゲート・バルブ等の個別の機器の自動化（自律制御）の新技術が開発され，また中央管理所にコンピュータを備えた本格的な集中監視制御システムが導入される等，多くの研究と施工事例の積み重ねによって，農業水利分野の技術が革新されようとしている。[80)]

筆者は，国立試験研究機関における研究活動の中で，主として農業水利学・施設水理工

学を基盤とする技術開発研究に従事してきた。その中で，「農業用水用のパイプラインの計画設計技術」に関する研究では，流量・圧力の操作に伴うパイプライン内の水の流動特性の解明と，これに基づく水理設計法及び操作に必要な付帯施設の機能・配置の問題を追究し，また「スプリンクラーの多目的利用と自動化」に関する研究では，主として「送配水パイプライン施設」及び「自動化」の課題を担当した。

パイプライン形式の水路は，開水路に比べて流況の応答が鋭敏で緻密な操作・管理にも追従し易く，損失水量を軽減できる等の利点をもつ反面，施設工学的には容量の柔軟性に欠け，流量変動時の過度的な流況の影響が水路系の全線に及ぶ等の特性から，異常圧の発生によるパイプの破壊等の致命的な問題を生じた。上水道や石油プラントのパイプラインと農業用水のパイプラインとでは，構造上の類似点は多いものの，扱う流体の量と質，並びに運用操作の仕組みから流況が著しく異なり，これら他分野の技術の応用だけでは対応できないことから，農業水利独自のパイプラインシステムの構築が急務となってきた。このため，筆者はパイプラインのもつ有利性を活かし，これを農業水利施設の使用条件に合致した「組織」として機能的に運用するためのシステム化の方策を求め体系化した。

我が国における農業水利の歴史は古く，水利施設の計画・設計から操作・管理に至るまで一貫した，国際的にも誇り得る技術体系が構築され伝承されてきた。現在の，いわゆる「水管理システム」は，最近１０数年間に急速に導入・普及した技術で，社会経済情勢の変化に伴う現場のニーズとエレクトロニクス等の関連周辺技術の発達を受けて，大規模な国営灌漑排水事業の幹線水路系の管理制御から，団体営の畑地灌漑事業における末端圃場灌水施設の自動化に至るまで，多様な場面で活用され威力を発揮している。しかし，筆者がこの分野の研究を開始した昭和４０年代初期には，水管理システム計画の規範となるデータが乏しく，伝統的な農業水利技術との調和を欠いたまま，現場先行的に各地で試行錯誤が繰り返されていた。新しい水管理システム導入の成果が実り，改善を加えて次の段階に進み地域の中核的な農業施設として定着したものがある反面，トラブル続出で使用に耐えず，新しい水管理システムの評価を失墜させた無惨な例も少なくなかった。

水利施設の水理設計技術と，電気・通信技術とは，多くの類似点とともに著しい相違点がある。例えば，「水」は重力・慣性力・粘性の影響を受けるなど，電気とは感度特性が全く異なって立ち上がり時の過度的流況が長く続く。したがって，それぞれの施設に固有の水理特性を確認せずに安易な制御操作を行なっても流況が追従せず，'安定した水管理ができない。しかしながら，時には電気的な制御システムの高度化により水利施設のハード

面を大幅に簡略化できるかのような錯覚もあって，経済性の評価を含めて農業水利事業への新しいシステム導入上の問題点になっていた。それに対して筆者は，現地の使用実態の調査・分析及びモデル施設の実験結果をふまえ，全体システムとこれを構成する個別システムとの調和，及び水利施設のハード機能と操作管理のソフト機能との調和の重要性，さらに施設と水の管理主体である「人」の組織と機能に注目する必要性を強調した。

その間，農水省では新しい農業水利施設の計画・設計技術の確立をめざし，産・学・官の協力のもとに，全国規模で広範な調査・研究が行なわれた。筆者は早くからこれらの調査・研究に中核として参画し，農業用水の管理施設の具備すべき条件についての問題点の整理とこれに基づく技術指針の策定を担当した。そのため，

①水管理施設の全国実態調査，代表的事例地区の抽出精密調査及びその分析

②水管理施設の計画モデル案の策定と代表的事例地区による比較・評価

③水管理施設計画モデル案の適用（事業地区での試行）及びその追跡調査

④水管理システム構想案の策定（目標設定，留意項目の整理，システムの類型化）

⑤水管理システム並びに関連施設の計画・設計技術指針及び基準案の策定

等々の調査・分析を行い，その中で筆者は特に以下の事項を構想・提案し，基準等に反映させた。

①水利施設，バルブ・ポンプ等の機械的施設，これらを直接・間接に監視・制御する操作管理施設，及び「水」の運用管理主体である人的組織を総合的にとらえた計画，及びこれら相互間の調和の重要性，管理制御機能の優先度等の整理。

②水利システム・運用管理体制に適合した監視制御システムの構成及び機能等の選定指標の整理。階層性を考慮した水管理システムのパターン化，具備すべき機能及び整備水準・機器構成の評価基準等の策定。

③水利施設系内の局所的な異常（事故，水の過大使用等）に対する総合的な安全性確保の重要性とその具体的対策としての過流量検知・安全弁・流量遮断システム（フェイルセーフ・フェイルソフト等）の計画・設計指針の策定。

④柔軟性をもった水路系構築（タイトな施設構成・シャープな動作の排除）のための調整池の活用，緩動特性をもつ機器の採用，安全弁・調圧施設等の配置計画指針の策定。

⑤開水路と管水路の混在した複合水路系に発生する問題点と対応方策の類型化（水理特性の異なる開水路と管水路を一つの水路システムとして機能させるために必要な検討課題と対応指針の策定）。

水管理システムを構成する要素には，①水利施設系のレイアウトに関わるマクロな水理特性，及び水利施設系を構成する個別施設・機器の静的・動的水理特性の把握，②水利施設系の水使用条件に適合した管理制御システムの構成と，その機能レベルの設定，③水利施設を適切に運用管理して水利用の効果を最大限に発揮するための水管理組織体制の整備等があり，それぞれが適切に計画され機能するとともに，相互間の調和が必要である。これらの内，①及び③の問題については農業土木及び農業経営の分野を中心に技術・研究の蓄積があり，計画・設計の基盤が確立されてきたが，②の問題については通信・制御技術を中心とする他分野に任されて交流の機会が少なく，このため「水利施設の計画・設計」，「水管理施設の計画・設計」，「水利施設・水管理施設の利用」の三者間の対話と理解が十分でなかったように思われる。

筆者は農業水利施設の水理を専門としてきたが，水管理システムの計画・設計に関わる問題が顕在化するに伴い，水利施設工学と通信制御工学との技術的連携強化の必要から，両者の間に立って，調和のとれたシステムを構築するための課題に重点をおいた。初期段階には，この両者間の対話が不足し，施設が完成し稼働を始めてから構想の食い違いが判明するなど不都合な場面が多く生じ，学際分野の技術基盤の整備が求められたからである。

この論文は，これらの調査・研究の経緯及び結果の概要をとりまとめたもので，水管理システム計画のメニューに盛り込むべき農業水利側の「仕様」と通信制御側の「仕様」とを突き合わせ，その調和点を模索した経緯を繰り返し述べた。

筆者がこの研究に取り組んだ２０余年間の，水管理システムに関わる科学技術の進歩は画期的なものであった。コンピュータの高度化と普及による農業水利計画の解析手法の進歩もあったが，通信制御のベースとなる情報処理技術は５年で一新する勢いで，事業への採用を前提として検討した最適計画が，実施の時点では既に陳腐化する例にしばしば遭遇した。このため，基本メニューにおける全体システムとサブシステムとの役割・領域を明確に区分し，計画変更に柔軟に対応できる（カセット方式とでも言うべき）計画手法を提示した。一方，農業情勢も予想をはるかに上回る勢いで変化し，綿密に調査し計画した土地利用・水利用の計画が，事業の進行過程で大幅な変更を余儀なくされ，水管理システム計画の改訂を求められたケースも少なくない。このような場合も，システムの基本となる条件，ネットワークの骨格となる要素を基礎に，サブシステムもしくは付帯的なシステムを必要に応じて取捨選択することで対応できることが確認された。大型コンピュータを核とするセンター方式の電子計算機共同利用ネットワークシステムが全盛の時期には，水管

理システムについても中央集中管理システムを最善とする傾向が強かったが，筆者は末端圃場における作物栽培管理に直結する水利用の自由度の要求等への配慮から，幹線・支線・末端の水系レベルごとに主体性をもった管理のできる「階層管理システム」を策定し，実用化した。これが結果的に最近重要視されるようになった「分散処理システム」の考え方とも符合し，システムの計画及び利用に柔軟性をもたらす効果を得た。

農業用水路のパイプライン化と水管理制御の自動化に関する研究の中で，筆者が構築し路線を敷いた「階層管理システム」の考え方，システム構築における基礎的項目から順次付帯的項目を積み上げる「レベル設定」の仕組みは，農水省の各種基準に採用され，水管理施設の整備に活用されている。この研究の推進には多様な専門分野の最新の知識・技術を結集し総合化・体系化する必要があり，関連する研究・技術情報の収集・分析・整理と，これに基づくシステム構想の策定，並びに適用事例による評価には予想以上の時間と労力を要した。しかも，周辺技術は時々刻々に発展・進化し，水利施設に対しても，より使いやすく安定した機能を追究する柔軟な技術思考が求められている。今後，新たな手法・技術によってこれが抜本的に改善され，次の世代の水管理システムが構想されることを念じたい。

引 用 文 献

1)湯川清光：愛知用水管理損失の研究（Ⅰ）～（Ⅳ），農土論集 **41**，(1972)
2)江崎　要　他：水田・畑混在地区における水利用形態の特徴について　－農業用水利用構造に関する実証的研究（Ⅰ），農土論集 **80**，(1979)
3)竹中　肇　他：水管理施設の構造と水管理組織よりみた水利用形態の特徴　－農業用水利用構造に関する実証的研究（Ⅱ），農土論集 **86**，(1980)
4)江崎　要　他：ファームポンド容量とその調整機能について　－農業用水利用構造に関する実証的研究（Ⅴ），農土論集 **99**，(1982)
5)緒形博之：情報処理とシステム化の課題　－カンガイシステムの場合－，農土誌 **40**(7)，(1972)
6)関谷　剛・石野捷治：スルースゲートの自動操作機構への自動制御理論の適用例，農土誌**43**(12)，(1975)
7)武上成比古：農業水利計画と水管理に関する考察　－慣行取水と計量取水について－，農土誌**44**(10)，(1976)
8)志村博康：都市化と農業用水需要構造の変化，農土誌 **46**(11)，(1978)
9)永田恵十郎・南　　侃：現代農業水利の構造　－地域農業の変貌過程における－，農業経営研究叢書 **2**，農研センター，(1982)
10)久保七郎：自動管理施設の現状と問題点，水と土（農業土木技術研究会誌） **18**，(1974)
11)久保七郎：ポンプの始動，停止に伴う吸水槽の水面振動について，農土誌 **37**(8)，(1969)
12)久保七郎：パイプラインの制御システムについて，農業土木の機械化 **6**(2)，(1971)
13)農業土木学会設計基準監修委員会水路工部会：土地改良事業計画設計基準，第３部，第５編，第１５章　パイプライン，農林省構造改善局，(1973)
14)農業土木学会設計基準監修委員会水路工部会：土地改良事業計画設計基準，第３部，第５編，第１５章　パイプライン，農林省構造改善局，(1977)
15)久保七郎：（講座）畑地カンガイ計画，その８．畑地カンガイ施設の制御と管理，農土誌 **46**(2)，(1978)
16)久保七郎：（講座）パイプラインの水理設計，その１．総論，農土誌 **49**(9)，(1981)
17)久保七郎：（講座）パイプラインの水理設計，その２．基本水理特性，農土誌 **49**(10)，(1981)
18)久保七郎：（講座）パイプラインの水理設計，その９．付帯施設の水理機能，農土誌 **50**(6)，(1982)
19)久保七郎：農林水産研究文献解題 **3**，畑地かんがい編，第３章，７節 畑地かんがいの計画と設計，農林水産技術会議事務局，(1975)
20)久保七郎：かんがい施設の多目的利用と自動化，第２章 かんがい施設の自動化方式，農林技術出版社，(1971)
21)久保七郎：畑地かんがい機材便覧，技術編，第２章～第５章，畑地農業振興会，(1976)
22)久保七郎：農林水産土木ハンドブック，第９章 畑地かんがい施設，5.多目的利用，建設産業調査会，(1977)
23)久保七郎：農業土木ハンドブック，Ⅲ 設計・施工編，10. 畑地カンガイ用ホ場施設，農業土木学会，(1979)
24)久保七郎：土地改良事業計画設計基準，計画，畑地かんがい，第３章 計画，3.7 管理制御施設，農林水産省構造改善局，(1982)
25)農業土木学会計画基準改訂委員会・水管理改良施設部会：土地改良事業計画設計基準，第２部 計画，第14編 水管理改良施設（案），農業土木学会，(1978)
26)久保七郎・江崎　要：計画基準作成調査（水管理改良施設）全国実態調査総括報告書，農業土木学会・農業土木試験場，(1978)

27)水管理制御方式技術指針作成委員会：水管理制御方式技術指針（畑地かんがい編），農林省構造改善局建設部設計課，(1976)
28)水管理制御方式技術指針作成委員会：水管理制御方式技術指針（バルブ編），農林水産省構造改善局建設部設計課，(1981)
29)水管理制御方式技術指針作成委員会：水管理制御方式技術指針（ダム・頭首工・用水路編），農林水産省構造改善局建設部設計課，(1982)
30)水管理制御方式技術指針作成委員会：水管理制御方式技術指針（ポンプ場編），農林水産省構造改善局建設部設計課，(1984)
31)河野　広（編集委員長）他：農業用水量データブック，農林水産技術会議事務局，(1982)
32)五十嵐正次（編集委員長）他：農業用水の利用形態の解析とその類型　－農業水利施設系の水管理のシステム化に関する総合研究－，農林水産技術会議事務局，(1982)
33)中原通夫（編集委員長）他：水管理システム化指針資料　－農業水利施設系の水管理のシステム化に関する総合研究－，農林水産技術会議事務局，(1983)
34)中川昭一郎（主査）他：農業水利施設系の水管理のシステム化に関する総合研究，研究成果167，農林水産技術会議事務局，(1985)
35)農業土木学会計画基準改訂委員会水管理改良施設部会：昭和50年度　計画基準作成調査（水管理改良施設）報告書，農業土木学会，(1976)
36)農業土木学会計画基準改訂委員会水管理改良施設部会：昭和51年度　計画基準作成調査（水管理改良施設）報告書，農業土木学会，(1977)
37)農業土木学会計画基準改訂委員会水管理改良施設部会：昭和52年度　計画基準作成調査（水管理改良施設）総括報告書，農業土木学会，(1978)
38)農業土木学会計画基準改訂委員会水管理改良施設部会：昭和50年度　計画基準作成調査（水管理改良施設）実態調査とりまとめ報告書，農業土木学会，(1976)
39)農業土木学会計画基準改訂委員会水管理改良施設部会：前出の文献 25)
40)農業土木学会計画基準改訂委員会水管理改良施設部会：前出の文献 26)
41)農業土木学会設計基準監修委員会水路工部会：前出の文献 14)
42)久保七郎：パイプラインの水理設計，第４回農業土木学会関東支部研修会（テキスト），農業土木学会関東支部，(1972)
43)久保七郎：パイプラインの組織と機能，パイプラインの設計資料（設計基準の解説），（第２回農業土木学会　地方講習会テキスト），農業土木学会，(1978)
44)村上康蔵・小橋英夫・久保七郎：大口径ポリエチレン管の水理係数について　－畑地カンガイにおける管配水に関する研究（Ⅴ），農土論集 **37**，(1971)
45)久保七郎：間違い易い水理設計　－パイプラインの水理設計－，水と土 **42**，(1980)
46)緒形博之：水資源利用と中間貯留，東大出版会，(1984)
47)吉野秀雄他：長大な灌漑送水路システムにおけるバッファー機能の強化について，農土誌 **57**(5)，(1989)
48)岩崎和己：昭和最後の１０年間における水路技術の総括と展望，水と土 **80**，(1990)
49)吉野秀雄：灌漑用水路システムにおけるバッファー機能の強化に関する研究，農工研報 **29**，(1990)
50)J.Paul Tullis：CONTROL OF FLOW IN CLOSED CONDUIT, Proceeding Of The Institute Held At Colorado State University, Fort Collins ,Colorado, (1971)
51)鬼塚宏太郎他：ファームポンドを含むポンプ送水系における水管理上の問題点と対策，農土誌 **52**(4)，(1984)
52)吉野秀雄他：複合水路系における調整容量の必要製と算定法，農土誌 **55**(2)，(1987)
53)吉野秀雄他：複合水路システムにおける水管理方式と調整施設の必要性，農土誌 **55**(8)，(1987)

54)久保七郎他：北総東部用水事業　用水管理の合理化に関する検討調査報告書，畑地農業振興会，(1978)
55)久保七郎：前出の文献 18)
56)水管理制御方式技術指針作成委員会：前出の文献 28)
57)J.Paul Tullis：前出の文献 50)
58)笛吹川樹園地用水施設利用計画研究委員会：笛吹川樹園地用水施設利用計画研究委員会報告，農業土木学会，(1975)
59)久保七郎他：母畑開拓建設事業　畑地かんがい施設の多目的利用計画に関する調査報告書，畑地農業振興会，(1978)
60)農業土木学会計画基準改訂委員会・水管理改良施設部会：前出の文献 25)
61)久保七郎：御浜町（井田地区）における多目的利用と自動化，農業土木学会畑地かんがい研究部会シンポジューム講演（畑地かんがいの研究 **5**，畑地農業振興会），(1971)
62)久保七郎：多目的利用組織の問題点，第６回畑地かんがい研究会講演（講演要旨集），農業土木試験場，(1972)
63)久保七郎：多目的利用施設における器材の問題，第６回畑地かんがい研究会講演（講演要旨集），農業土木試験場，(1972)
64)久保七郎：前出の文献 21)
65)農林水産省構造改善局：土地改良事業計画設計基準，計画，畑地かんがい，（農業土木学会），(1982)
66)久保七郎：前出の文献 24)
67)緒形博之：水路チェックの給水管理上の機能，農土誌 **45**(6)，(1977)
68)竹中　肇・久保七郎：水管理対策の意義とその目標，農土誌 **46**(9)，(1978)
69)久保七郎：管理制御施設，農土誌 **45**(10)，(1977)
70)農林水産省構造改善局：前出の文献 25)
71)水管理制御方式技術指針作成委員会：前出の文献 27)
72)久保七郎：自動化に関する新器材について，畑地農業振興会５周年記念，新技術発表会講演（講演要旨集，畑地農業振興会），(1972)
73)久保七郎：前出の文献 63)
74)久保七郎：流体圧を利用した自動化システム，用水と営農，昭和51年4月号，日本ｲﾘｹﾞｰｼｮﾝｸﾗﾌﾞ，(1976)
75)農林水産省構造改善局：前出の文献 25)
76)水管理制御方式技術指針作成委員会：前出の文献 29)
77)笛吹川樹園地用水施設利用計画研究委員会：前出の文献 58)
78)宮川房之助：最新・遠方監視制御技術の実際，電気書院，(1970)
79)日本電気工業会遠方監視制御技術専門委員会：遠方監視制御応用技術ハンドブック，電気書院，(1982)
80)地域水利問題研究会：農業水利秩序再編の課題　－地域農業の変貌過程における－，総合農業研究叢書 **17**，農研センター，(1990)

謝　　辞

本研究は，筆者が農林水産省に入省して十数年を経た昭和４０年代半ばから現在まで，およそ２０年にわたる試験，研究，調査の結果をとりまとめたものである。この間，わが国の農業と農村をめぐる内外の情勢は大きく変化し，これに対応するため，農業技術・経営管理の各分野にわたって技術革新が図られてきた。農業水利の分野においても，水資源の効率的利用と水利施設の利用・管理の合理化の視点から，各種の事業が全国的に推進され，これに伴う技術的問題点の解明が要請された。

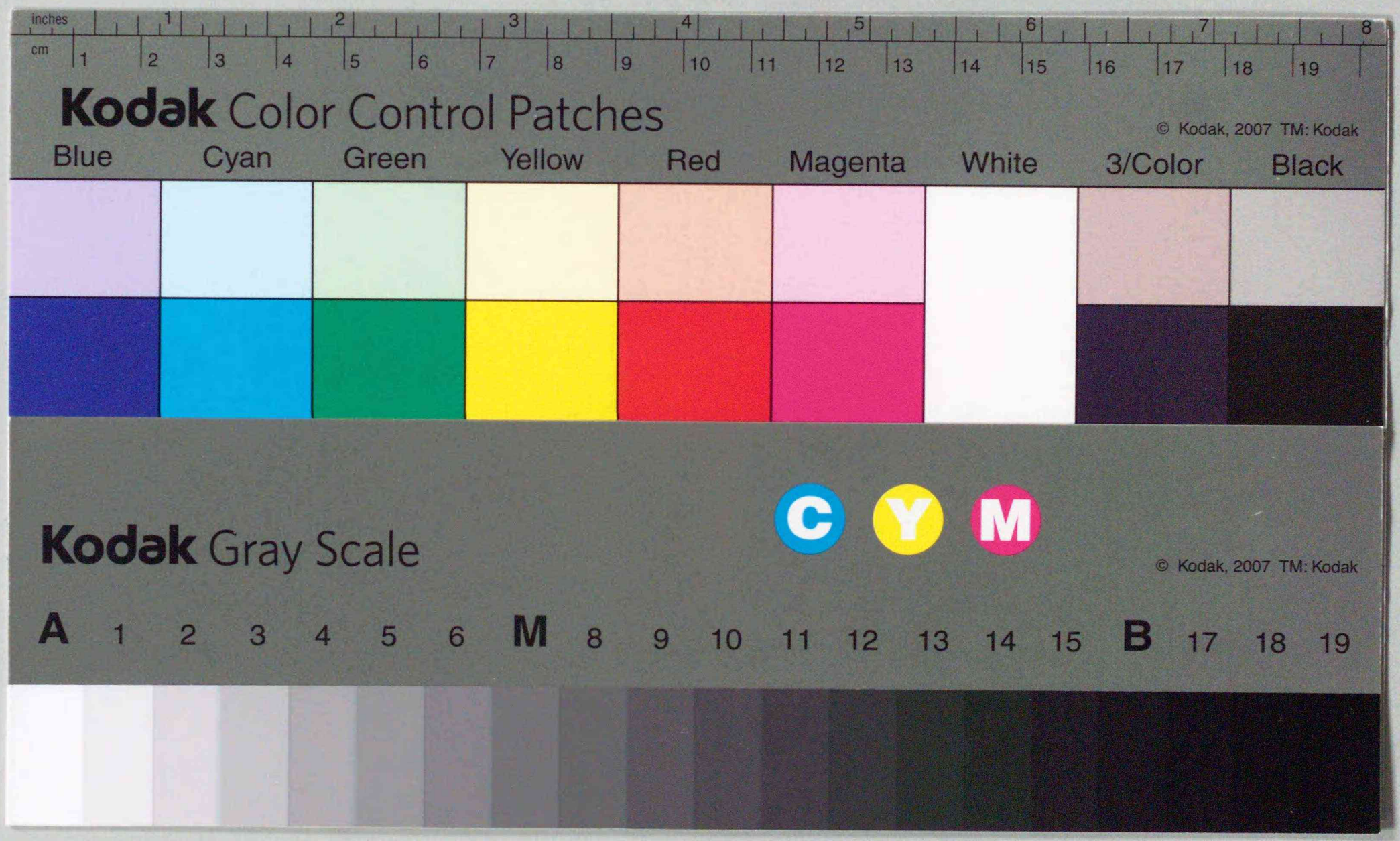
筆者は，水管理システムに関わる農業水利，機械，通信制御等の多数部門の調整に資するため，広範な実施事例にもとづく問題点の整理，及び技術指針策定の根拠となる計画・設計理論の構築ならびにその検証を行ってきた。この間，北海道大学農学部教授梅田安治博士には長期間にわたり，暖かく，かつ適切な御指導と心からの励ましを頂くとともに，研究のとりまとめに格段の御配慮と御指導を賜った。また，同　農学部教授前田　隆博士ならびに同　堀口郁夫博士には，研究の細部にわたり懇切な御指導と貴重なご助言を頂いた。

この研究に筆者を導いた元農業土木試験場室長椎名乾治博士をはじめ，京都大学農学部教授丸山利輔博士，岩手大学農学部教授岡本雅美博士，元東京大学農学部教授故竹中　肇博士の諸氏からは終始変わらぬ暖かい励ましと，適切なご助言を賜り研究の遂行を助けて頂いた。

また，元農業土木試験場長高須俊行博士，同　中原通夫博士，同　中川昭一郎博士，岩手大学農学部教授岸本良次郎博士，農業工学研究所長白石英彦博士，農林水産技術会議事務局研究管理官岩崎和己博士の諸氏には常に適切なご助言と励ましの言葉を頂いた。

さらに，農業水利事業の現場を研究のフィールドとする筆者に，農林水産省構造改善局計画部ならびに建設部の担当官，国営及び県営・団体営の農業水利事業所の担当官各位からは研究の推進に格段の御配慮とご支援をいただき，特に，元国営笛吹川農業水利事業所長後藤　孝氏には格段のご便宜と厳しい要求を通じて研究の方向付けに示唆を得た。

ここに記して厚く御礼申し上げ深く謝意を表する次第である。


inches
cm
Kodak Color Control Patches
© Kodak, 2007 TM: Kodak
Blue
Cyan
Green
Yellow
Red
Magenta
White
3/Color
Black
Kodak Gray Scale
C
Y
M
© Kodak, 2007 TM: Kodak
A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19