

学位論文題名

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

学位論文内容の要旨

農業用水の円滑な運用には、安定した水源、計画的に整備された幹・支線水路網、用水の自在な調整を可能とする量・分水施設及び緊急時の安全施設、並びにこれらの施設を用水の利用目的・利用方法に応じて適切に運用操作する人的組織体制が必要である。しかし、近年における農業・農村をめぐる社会経済的環境の変化から、水利施設の計画並びにその運用について、在来の技術・手法の抜本的革新が必要になってきた。

本論文は、畑地灌漑を主体とするパイプライン施設及びその管理制御について、室内実験や現場試験・調査等にもとづき、施設の計画・設計上の問題点の解明とその対応方策を追求している。特に、これまで対応が必ずしも十分でなかった農業水利施設計画への通信制御技術の適用の問題につき、水利施設とその操作用機器・装置の体系的な整備による「水管理システム」の構築をめざした。

農業水利事業等で整備された比較的新しい構想を導入した地区を、全国から98地区抽出し、計画設計担当者・施設管理担当者・受益農家代表者を対象とするアンケート調査、及び現地試験等による精密な機能調査を行って問題点を明らかにした。例えば、①水利用の集中による水不足対策、②用水中の砂・ごみ等の夾雑物対策、③落雷・誘導雷等の外乱対策、④フェイルセーフ・フェイルソフトのシステム、⑤人の判断と処理の余地を残したシステム、⑥自動化の範囲と程度、⑦事故の早期発見・警報と安全側への誘導方式、⑧過酷な野外環境での使用のための漏電及び劣化対策、⑨ヒューマンインタフェースの整備、⑩統制を乱す異常な水使用に対する強制遮断方策（ヒューズ方式の導入等）、⑪幹線系・末端系の管理システムの連携（異なるメーカー間の仕様統一）、⑫エネルギーコストの軽減方策、等である。

農業用水路へのパイプラインの導入に当たっては、開水路を主体として蓄積された伝統的な計画手法を基礎に、上水道等の他分野のパイプライン技術の応用で設計・施工がなされたため、運用管理に入ってから予測もしなかった問題が多発した。農業用のパイプラインは、比較的安定し

た路線選定のできる都市用水用のパイプラインとは異なり、地形・地盤の条件を含めて問題が多く、管の破裂等の事故が発生して初めて問題が顕在化する。このため、現場試験並びに透明パイプによる模型実験によって水理特性を解明し、農業水利に特有の条件に適合したパイプラインシステムを提案し設計基準等に反映させた。

また、上水道や工業用水道では従量制の料金体系によって安定供給の義務と水使用の自由度の保証が成り立っているのに対し、農業用水では水の供給者と使用者の区分が明確でなく、末端圃場における農家の要求を重視した管理運営が強く求められる。特に、最近では田畑輪換や導入作物の多様化、兼業による日曜や朝夕への作業集中等のために、計画時点と実際の水利用との不一致が一般化している。

本論文では、このような現場の実態から、農業用水の管理運用体制に階層管理の概念を適用し、導入すべき新しい水管理システムとの関係を考慮して8つのタイプに類型区分した。ここでは、親機（中央管理所）から全体を統合管理する中央集中制御方式、親・子・孫がそれぞれ独自性を保ちつつ相互間に必要最低限の連携を確保する分散制御方式など、想定される水管理システムの全体構成をメニュー化し、運用主体である「人」の組織とのマッチングを考慮して最適の方式を選択できるようにした。

畑地灌漑では、用水の節減、水管理労力の軽減を主な目的に、整然としたブロック構成の計画方式が確立され、管理制御のシステム構成にこの計画方式を活用することにより、水管理施設が大幅に簡素化され運用操作の仕組みともよく整合することを明らかにした。また、圃場における自動化の必要項目を整理し、整備すべき必要最低限の基本機能をベースとする自動制御装置のレベル区分を行い、併せて、電気・通信分野等で定着した詳細な基準・規則を参考に部品・部材の性能やその検査方法についても細部にわたってルール化を行った。また、水利施設の階層構造と運営管理組織の構成とを一致させ、かつこれをベースに水管理システムのネットワークを構築する考え方を提案した。

多目的畑地灌漑の管理制御自動化の適用と評価のため、対象に選定した笛吹川地区は、ぶどう・もも・桑の混在する樹園地5,800haに新たに用水を導入し、畑地灌漑をはじめ、防除・施肥・凍霜害防止などの多目的利用により安定した樹園地農業の展開をめざす計画である。

水管理には、①用水の節減、②水管理労力の節減、③水管理エネルギー費の節減、④水利施設・水管理施設のコスト低減、⑤水利用の自由度の確保、⑥適性・公平な水配分等の条件をバランスよく充足することをシステムの基本とし、水源から末端まで、統一された意思のもとに水管理が行えるよう、集中管理システムを採用することとしたが、末端での個別農家の水利用をすべて

中央で監視・制御することは困難で、また水利用の実態にも適合しないため、供給側に立った中央制御と需要側に立った末端制御を組み合わせた階層管理システムとした。

システムを構成する装置・機器及び運用ソフトについては、当面の水管理目標に限定し、情勢の変化に柔軟に対応できる計画とした。すなわち、①信頼性・確実性と経済性との調和、②省力化の重視、データの集積・処理は必要最小限に、③操作・管理は現場優先、システムの暴走等への対応、④将来の計画変更や増設に対するシステムとの拡張性・融通性の確保、⑤保守管理・操作運用の簡素化等を基本とした。

本地区に採用した水管理システムは、①水源及び左右幹線の監視・制御を主体とする中央管理システム、②分水工からファームポンドに至る支線の監視・制御を分担する地区管理システム、及び③ファームポンドから加圧機場等を経て末端圃場までを管理する末端システムの3層構造のシステムで、これらが独立に機能するとともに通信網を介して中央システムに結合し、全体としても統制のとれた運用ができる仕組みになっている。情報通信系は、農家の負担となるランニングコストの軽減を主眼に、私設線を主体とする回線構成で、ケーブルの先行敷設（管路の施工との同時敷設）方式を選定した。

本論文では、新しい水管理システムの基本型を策定し、情報通信技術との結合により水利用の目標に適合した新しいシステムを具体例への適用によって実証した。特に、在来の人力中心で培われてきた水管理の伝統的ルールと新しいシステムとの調和、水利施設の構成・配置と監視制御設備の構成・機能との調和、水管理主体である水利組合等の組織構成・役割分担と水管理システムとの調和を強調し、また、技術の進歩による計画の陳腐化を避けるため、情勢の変化に柔軟に追従できるシステムの構築を提案した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 梅 田 安 治
副 査 教 授 前 田 隆
副 査 教 授 堀 口 郁 夫

本論文は和文で記され、図44、表32、引用文献80を含み、総頁数172よりなる。内容は5章をもって構成され、参考文献28編が添えられている。

本論文は、農業水利施設として整備されたパイプラインに関する全国実態調査及び現地試験・室内模型実験を通じて収集した広範・多量のデータを分析・整理して技術上の問題点を明らかにするとともに、農業用パイプラインの計画・設計法を提示している。また、これらの水利施設の合理的かつ省力的な運用管理をめざす水管理システムの計画手法を提案し、具体的な事業実施地区への適用によって手法の有効性を実証している。

わが国の農業水利の技術は稲作農業の長い歴史の中で培われ、独自の技術体系を編み出してきた。また近年は、新規水源の開発や取水施設の統廃合による施設の大規模化・広域化が進み、施設の装備内容も関連周辺技術の進歩を背景として抜本的な改善が図られ、水資源利用の合理化・効率化に大きく貢献している。その反面、新しい水利施設の利用と伝統的な水利慣行・水管理秩序との整合性に問題がある事例も生じ、技術革新に対応した農業水利の新たな技術の体系化が求められてきた。特に、農村における深刻な労働力不足から、旧来の人為操作を主体とする水管理に代えて、通信・制御技術の粋を集めた新しい水管理システムの導入が始まり、農業水利に特有の使用環境・使用条件に合致したシステムの計画・設計手法の確立が必要になってきた。

本論文では、農業用水用のパイプラインと上・工水用のパイプラインとの共通点及び相違点を抽出・整理し、①施設計画容量の柔軟性、②季節変動・日変動等、特有の水使用形態、③管内への空気吸入による障害、④砂・ごみ等の異物混入、⑤保守管理体制、等にみられる特有の問題点を明らかにするとともに、計画・設計・管理に当たっての具体的方策を提案している。水管理システムについては、農業用水管理における制御施設と「人」の役割を整理して8種に類型区分し、それぞれの適用条件を示した。特に、畑地灌漑の自動化システムについては、畑地における水利利用の特徴・施設計画の一般的方法・運用操作組織の実態等を踏まえて、自動化の範囲と程度、水利施設構成と水管理システムの構成、野外での過酷な使用環境における外乱・劣化対策、異常時における安全側への回避と通報方策等を整理した。また、これらの検討結果に基づき、自動化の標準仕様の策定を試み、手動に近いごく簡易なものから、CPUを備えた高度なシステムまで、自動化の内容と程度に応じてレベル設定し、経済性に関連する機器構成モデルをも含めて技術指針として提案した。

以上の結果を国営の畑地灌漑事業計画地区（笛吹川地区）に適用し、具体的な場面での適用性の評価を行った。本地区の水管理システムは、①水源及び左右幹線の監視・制御を主体とする「中央管理システム」、②分水工からファームポンドにいたる支線の監視・制御を分担する「地区管理システム」、③ファームポンドから加圧機場を経て末端圃場の水使用までを管理する「末端管理システム」の3層構造を基本とし、これら各階層が独立に機能するとともに、通信網を介して

相互に結合し、中央管理システムで全体として統制のとれた運用ができる仕組みとした。管理は、人間介在を前提のシステムとし、人による対応が困難な突発事故、日常的な定型業務等の自動化による省力化を図った。情報通信系には、無線、自営線、NTT 線等を比較検討し、維持管理経費の低減を主眼に自営線を主体とする回線構成で、ケーブルの先行敷施(管路工事との同時敷設)方式を選定した。

本論文は、農業用パイプライン並びに水管理システムの計画・設計に関わる技術の体系化・総合化をめざすもので、研究の成果は事例地区での検証を経て修正され、その一部は技術指針等として関連事業の推進に活用されている。

よって審査員一同は、別に行った学力確認試験の結果と合わせて、本論文の提出者 久保七郎は博士(農学)の学位を受けるのに十分な資格があるものと認定した。