

分野：水田作

地域の均等な用水配分を可能とする ICT による配水管理手法

試験研究計画名：ICT を活用した用水需要観測と水理解析モデルによる配水計画手法の開発

地域戦略名：ICT を活用した適正な用水管理

研究代表機関名：（研）農研機構 農村工学研究部門

地域の競争力強化に向けた技術体系開発のねらい：

水田作において、用水を水源から圃場まで安定的に確保することは営農上の基盤として重要ですが、水路の上下流間で生じる配水不均等は古くからあり、現在もなお地域の課題として残されています。その理由には、昨今の営農人口や作目の変化により圃場からの水需要量（以下、「用水需要」という）が変化し、さらに時間的、場所的にも変化していることが挙げられます。また、水利慣行による上流優先の水管理や、適切な配水を行うための幹線水位調整および支線ゲート開度調整の不備といった複数の発生要因が関与することも配水不均等の要因です。

これらの解決のために、現地では排水路に反復利用のための揚水ポンプを設置することで用水の不足分を補充してきましたが、建設費のみでなく、運用後の電気代が維持管理費の多くを占め、排水路の用水利用は水質の面で対策が必要となることもあります。そこで、発展が著しい情報通信技術（Information and Communication Technology、以下、「ICT」という）を活用した、用水需要の把握、地域の用水配分状況の監視が可能な水管理システムの構築と、この機能を活かした適正な送配水のための計画策定・運用手法の開発に取り組み、揚水ポンプに依存しない方法で用水を下流まで均等に配水することをねらいとしました。

本研究では、代表的な水田作の営農地域である、北陸地方の低平地における河川から取水する水田灌漑地区の A 幹線用水路（延長 7.4 km、勾配 1/5,000、受益面積 700 ha）（図-1）を対象とし、ICT の活用による水管理システムを構築し、配水不均等解消のための監視、制御手法、および計画手法の効果を実証しました。

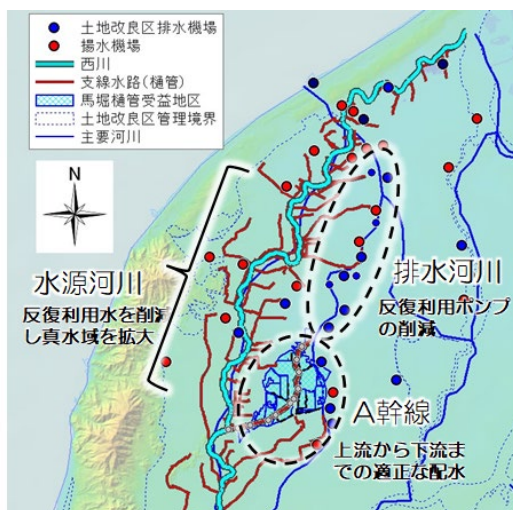


図 1 対象とした低平農地



写真 1 水路末端からの余水状況

技術体系の紹介：

1. 配水不均等解消のための用水の監視・制御が可能な水管理システムの開発

水管理システムの構築に際しては、国営事業が対象とする幹線における監視制御に用いられているテレメータ・テレコントロールシステム（以下、「TM/TC」という）では対象とすることが難しかった、圃場までの小規模な水路を監視制御の対象とするために、低コスト化かつ小型化を行いました。その結果、上下水道等の小規模施設の遠方監視を行うために開発された通信端末装置（クボタ社製 MU-1000）、携帯通信網（LTE 回線）を通じたクラウド運用、太陽光パネルで稼働できる監視子局（写真 1）から構成される、水管理システムを構築しました。本システムにより、末端水路と幹線水路におけるリアルタイムの送配水状況を同時に遠方監視でき、PC やタブレット端末等のインターフェース上で、送配水状況を確認できます。



写真 2 開発した水管理システムの監視子局

2. 開発した水管理システムを活用した配水不均等の診断と可視化手法

1. の水管理システムの運用により、用水不足の発生状況の把握及び要因分析を行う手法を構築しました。水利用にかかる機能診断は、農業水利施設のストックマネジメントにおいて用いられている 5 段階の健全度指標にならない「水利用の健全度」を表す診断指標を基準流量 Q_s に対する実測流量 Q_a の比 Q_a/Q_s として用います。図 2 に診断結果を示します。 Q_a/Q_s に基づき S-1～S-5 の高いほど健全性が良好である 5 段階に分類します。図より、幹線中流より下流では常に Q_a/Q_s が 0.5 付近で管理水準 S-2 に至っており下流に水が配分されないことがわかりました。上流開水路区間において余水が生じていることもわかりました。送配水上のこの診断指標 Q_a/Q_s はシステム上でも表示できるため、水利システム全体における上下流の配水不均等の問題が可視化でき、対策としての計画の策定から運用までを同システムで行うことが可能となります。また、水路からの配水量は、自動給水栓から算定される実際の圃場の必要水量から算定される機能も有しており、水源から圃場まで過不足なく用水を到達させることが可能となります。

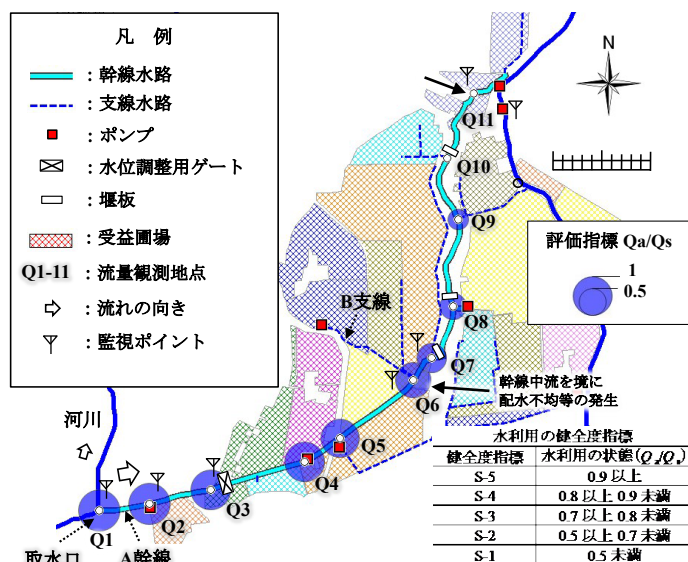


図 2 水管理システムからの機能診断結果

3. 数値シミュレーションによる幹線水路のゲート制御による送配水計画手法

2. のシステムにより、水路構造に起因する場所的な余水の発生と、時間的な必要水量の変動から用水需要のピークが日中に重なり、夜間には余水が発生していることがわかりました。これらの結果に基づき、新たに開発した圃場から幹線水路まで連携可能な数値シミュレーションソフトを活用し、水需要と水供給の不一致を吸収するバッファとして開水路の制御ゲート間を中間貯留区間とし、水需要のオフ

ピーク時に用水を貯留しピーク時に放流する手法を新たに提案しました。この手法は、①新しく大規模な貯水施設や揚水ポンプを増設せず、水路内貯留を活用するため既存の施設を有効利用できる、②ゲートの制御により管理方式を選択できることから地域ごとに形成されてきた上流優先などの水利秩序を考慮できる、③ICTにより監視を行っていることから需要ピーク時に下流側での水不足などの用水の需要変動にすみやかに対応できる、という特徴があります。本手法により、図2のように水路貯留区間を設定でき、上流側需要ピーク時でも貯留区間の下流側で流量低下を緩和でき配水不均等を解消できることが示されました。本制御手法は、低平地の開水路地区であれば、ICT 水管理システムと開発したシミュレーション手法により同様な問題解決が期待できます。

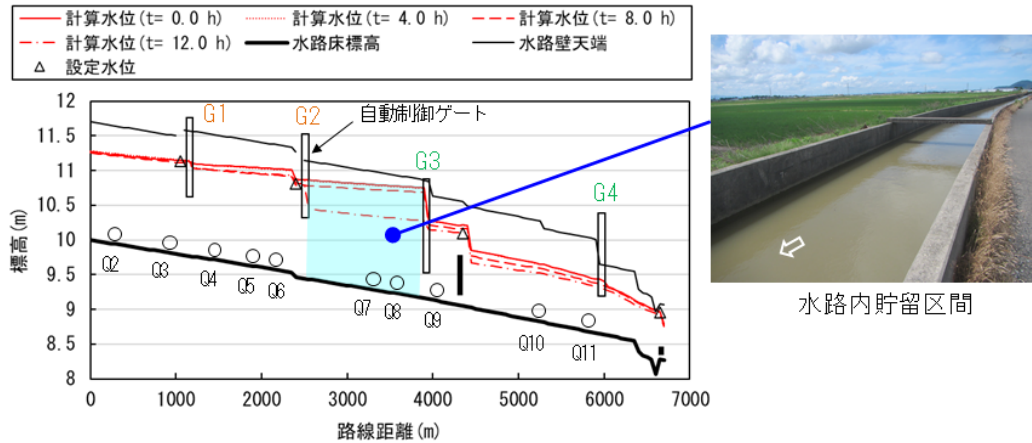


図3 調整ゲート間の水路貯留による配水計画手法

4. 水管理システムによるリアルタイムの配水流量の遠方・自動制御の現地実証

開発した水管理システムは、水利施設の制御も可能であるため、1. で提示した配水不均等の解消のために、現地において支線分水ゲートの自動化による配水流量の制御を行い、効果検証の実証試験を行いました。図1のB支線の末端に整備されたファームpondからは、水管理上、過剰な余水が発生しており、この地点を境に下流への水不足が生じている要監視地点となります。そこで、制御する分水ゲートをB支線への分水地点に設定し、水利用状況のモニタリング値に基づくリアルタイムの時系列データ、圃場の用水需要から算定した配水スケジュールに基づき、用水到達時間と、需要に対応する流量を分水ゲートより自動配水することで、余水を削減する効果の実証を行いました。

図-3に、配水流量制御の実施結果を示します。ポンプ流量が変動しているにもかかわらず、ゲート開度の自動調節による分水量制御によって、ファームpond水位を概ね2.5mから2.8m（余水吐越流高）の範囲に維持できており、日常的に生じていた余水が削減されました。制御導入前後で、約6割の削減効果が得られました。

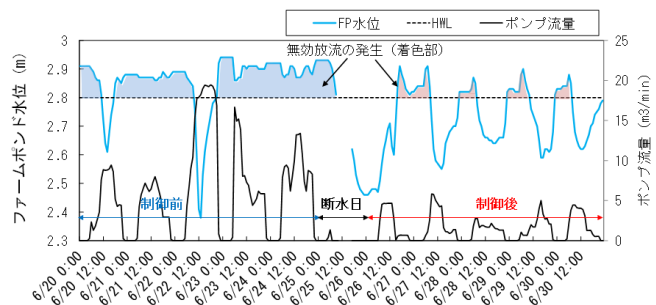


図4 余水の減少の効果

5. 提案した技術の効果

4. で示した需要に応じた支線分水制御を、A幹線の主要な課水路形式の支線水路に適用したと想定すると、下流最末端まで到達していなかった用水が25%増加します。さらに2. で提案した幹線ゲ-

トの制御を加えると、100%到達し下流末端での反復利用のための揚水ポンプが不要になります。さらに流域全体についても適用することで多くの幹線水路末端の揚水ポンプの運転時間の削減になり、土地改良区の維持管理費の削減に貢献します。

技術体系の経済性は：

経営改善効果

通年で用水が過不足なくかつ、営農状況に応じたきめ細かな水利用が可能になり、地域全体で水不足に対し安心な営農が可能になります。反復利用のための揚水ポンプの稼働時間が減少することにより、電気代の削減による維持管理費（廃止できると 60 万円程度/年）の低減が期待できます。排水路からの反復機場を利用せずに、河川水を利用することができるようになり、水質的な問題の懸念がなくなりますが、この効果については今後検討する必要があります。

経済的な波及効果

水管理システムを含めた本手法を今回の対象地区に適用した場合の導入の費用 C とその効果 B について試算しました（表 1）。導入費用は、地区全体において 5850 万円（システム構築、幹線・支線ゲート設置費等含む）となりました。効果は水路最下流付近の排水路から反復利用のための揚水ポンプを、本手法により廃止することができると想定します。すると、その効果は 6200 万円になります（機場メンテ費・更新費削減、運転経費削減等含む）。よって、導入により 350 万円の効果が得られます。ただし、導入するシステムの耐用年数が 15 年、揚水機場の耐用年数が 15 年として算定しております。

表 1 システム導入の費用と効果（参考）

	項 目	費 用
導入 経費 C	工事費(システム構築、子局・ゲート工事)	5,400万円
	維持管理費	450万円(30万円/年)
	①小計	5,850万円
効果 B	10年以内のポンプメンテ1回が不要となる効果	300万円
	15年後の機場更新1回が不要となる効果	5,000万円
	15年間の機場運転経費が不要となる効果	900万円(60万円/年)
	②小計	6,200万円
B-C(②-①)		350万円

こんな経営、こんな地域におすすめ：

低平地水田灌漑地区において、送配水において下流側受益地区に用水が届かないなどの上下流不均等が生じている地区では、本手法により解決できる可能性があります。排水路からの反復揚水ポンプを使用している地区においては、更新時期に本手法を検討することで、導入コストや維持管理費の上でポンプ場更新より有利になる場合があります。

技術導入にあたっての留意点：

1. 水管理システムは既設の通信基盤、水管理施設がなくても簡便に設置することが可能です。
2. 本成果は、水管理の実務を担う土地改良区や、土地改良事業において送配水計画の実務に携わる農林水産省や都道府県の技術系職員や民間の設計会社職員等の農業土木技術者が活用できます。
3. 実際に適用する場合は、水利用の現状の機能診断の上で、問題点、得られる効果を地域を交えて検討することが効果的に利用する上で重要になります。導入前に研究担当までご相談ください。

研究担当機関名：（研）農研機構農村工学研究部門

お問い合わせは：（研）農研機構 Web サイトのメールフォームよりお願いします

<https://prd.form.naro.go.jp/form/pub/naro01/research>

執筆分担（（研）農研機構農村工学研究部門 中矢哲郎、藤山宗、友正達美、武馬夏希）