

特集 ICT が変える食料・農業・農村**水利システム管理における問題点と ICT 利用の現状、今後の展開方向**

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

農村工学研究部門水利工学研究領域

高木強治

1 農業水利システムとは

農業水利システムは、農業用水をダムや頭首工などの水源施設から受益地まで導水し、その余水や降水を河川や海域に排水する一連の水路組織により構成される。水路組織は、目的により用水路と排水路、系統により幹線水路と支線水路と小水路、形式により開水路と管水路などに分類され、水管理を行うためのゲートやバルブ、ポンプ場などが必要に応じて配置される。

農業水利システムの建設主体は、国、都道府県、土地改良区などであるが、国や都道府県の施設がそのまま建設主体の管理となっているケースは少なく、多くの施設が農業者の組織である土地改良区によって管理されている。この土地改良区が管理する基幹施設は膨大であり、たとえば水路なら地球 7 周分の 28 万 km にも及ぶ。

本稿では、主に土地改良区を対象として、水管理の問題点、水利システムへの ICT 導入の現状と方向性を述べ、次いで、当機構で開発した圃場-水利施設連携型水管理システムについて紹介する。

2 水管理の現状と問題点、ICT 化へのニーズ

2015 年の農林業センサスによれば、2005 年から 2015 年にかけて、農業就業人口は 2/3 以下に減少する一方で、65 歳以上の農業者が占める割合は 58%から 64%に増加している。また、専業農家数は横ばいであるが兼業農家数は大幅に減少し、担い手農家への農地集積が進展するとともに、大規模経営体の増加が加速している。その結果、農家や経営体が管理する農地の規模や施設数は拡大する傾向にあり、農業技術が進展する中であっても水管理に必要とされる労力は一向に低下する兆しを見せない。さらに、農村における農家と非農家の混住化が進行して、地域住民の合意形成が困難になった結果、水利施設を管理する土地改良区の労力的な負担も増加している。

また、維持管理費の高騰が土地改良区の経営を圧迫している状況もよく知られているところである。米価低迷の中、経常賦課金はほぼ横ばいの状況 (3,187 円/10 a; 2016 年) のうえ、農事用電力の料金は東日本大震災を契機に 30%程度高騰しており、土地改良区が管理する農業水利施設の維持管理費における電気料金の占める割合は、全国平均で 25%程度にも上って

いる。特に、ポンプの利用が多い土地改良区では事態がさらに深刻で、経常賦課金を全国平均より 1,000 円/10 a 程度高く設定しても 40%が電気料金に消えているところもある。

さて、水管理施設の ICT 化ニーズを探るため、私たちが茨城県内のある土地改良区の管内で同職員や農家に対する聴き取り調査を行ったところ、水管理上の問題は、概ね次の二つに集約された。

- 1) 担い手農家等への労力の集中：調査地区では、多数の谷地田内の圃場が担い手農家に集中。平地に比較して管理のための移動距離が長く、病害防除のための綿密な水管理が必要。
- 2) 土地改良区管理施設の広域化と複雑化：ため池放水量の設定やパイプラインの水圧維持のための圃場給水栓の開度調整など、広域にわたる水利施設の手動操作による水の需給調整が困難。

実際、この土地改良区では、職員が概ね 7 km×5 km の範囲を一日当たり 1.6 時間かけて 52 km 移動し、ため池、揚水機場などの基幹施設と圃場給水栓など末端施設の管理を行っていた。これが灌漑期間中、続くわけである。この結果、水管理に係る要望は以下のように整理された。

- 1) 水管理の労力削減：水利施設の ICT 化へ期待。自動給水栓は、圃場の遠方監視や生育管理の目的で。ポンプ場の ICT 化は、インバータ制御による流量調整機能付き自動運転を要望。
- 2) 維持管理費用の削減：特に電気代の削減が期待されている。一方で、新たな機器の導入には慎重な面も。ICT 機器の導入が農業経営に与える長期的な影響を検討する必要がある。

以上のように、水管理の ICT 化は農業就業人口の減少と高齢化、また土地改良区における維持管理費の高騰が進む中、農家、土地改良区双方の水管理労力と水管理費用の削減を目的として、将来に向けて導入が進められるべき技術と考えられる。

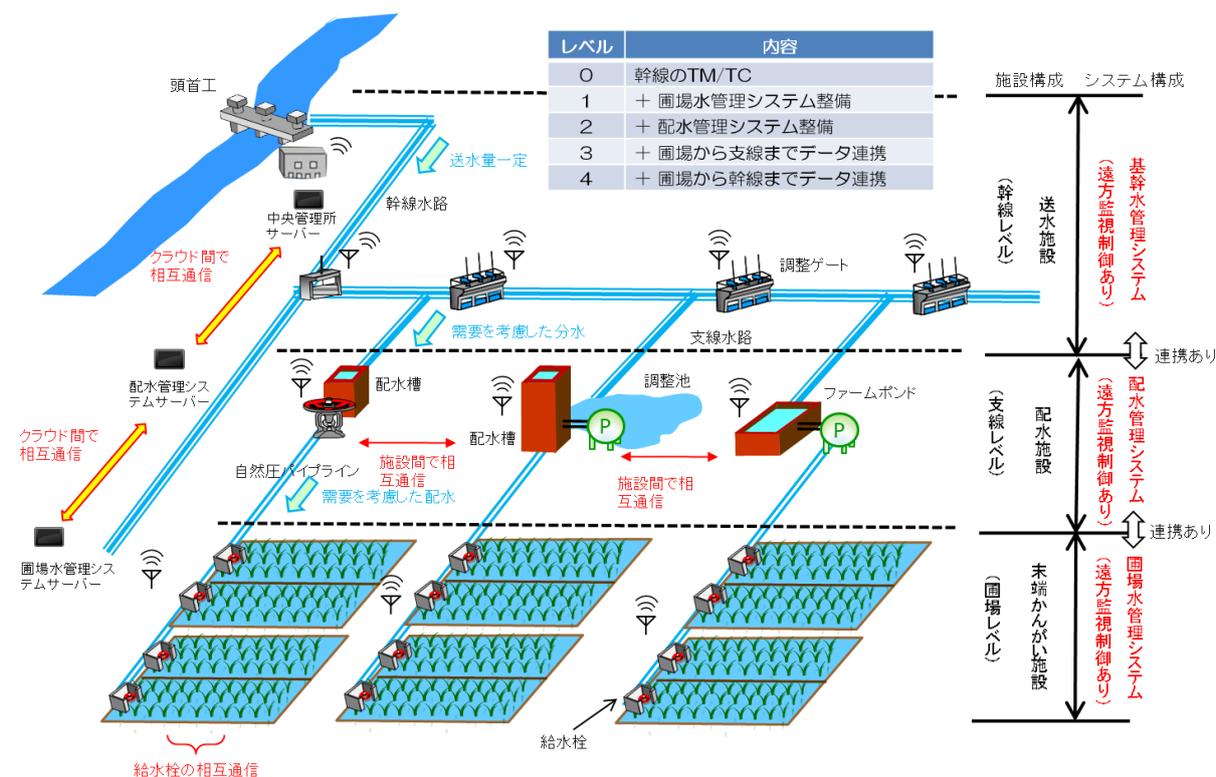
3 ICT 水管理システムの全体像

用水系の水管理システムは、幹線レベルの送水施設を対象としたシステム、支線レベルの配水施設を対象としたシステム、圃場レベルの末端灌漑施設を対象としたシステムに分類できる（図 1）。しかし、水管理システムへの ICT 導入は、これまで国営事業等で整備された幹線ないしは支線システムへの遠方監視制御装置に長らく限定されてきた。これは、長大な幹線用水路を目視により監視し、広大な地区に分散する分土工の操作を現地で行うにはあまりに多くの労力を伴うことから、事業による水管理システムの導入に合理性があったためと考

えられる。一方、下位レベルの農業水利システムでは、事業主体の ICT 化ニーズがそれほど高くなかったことや予算面での不足、またそれに対応可能な技術も開発されていなかったことから、手つかずの状態が長く続いていた。

いまから 5 年ほど前の 2014 年頃、携帯回線等の普及に伴って、圃場システムにおける簡易な ICT 機器が開発されつつあった。例えば、圃場の水深や水温を遠方監視するシステムである。こうした中、2 で述べた圃場やその上流の配水施設における水管理労力や水管理費用の削減を目的として、4 以降で紹介するより高度な圃場水管理システムや圃場-水利施設連携型水管理システムの開発が始まった。2019 年時点では、低電力広域無線 (LPWA) を活用して、栽培管理ソフト等を搭載可能でインテリジェントな圃場水管理システムが登場し、圃場-水利施設連携型水管理システムについては、圃場のシステムと連携を取りつつ多様な農業水利システムに適用可能で、かつ、高機能な配水システムが実用化されつつある。

水管理システムは、水源から圃場まで物理的に連結はされているものの、それぞれのレベルにおけるシステムの施設規模や果たす役割が異なるため、これらを俯瞰的に取り扱う水管理上のルールを定めることは容易でない。この意味で、ICT 水管理システムに係る研究開発は、ようやく実用化に向けた端緒を開いた段階にあると考えている。



4 圃場-水利施設連携型水管理システム

圃場-水利施設連携型水管理システム (iDAS) は、戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第 1 期「次世代農林水産業創造技術」(2014~2018) の「スマート水田農業の開発」において開発された技術である。その特徴は、土地改良区等が管理するポンプ場などの配水施設から、農家が管理する水田の給水栓までを ICT を活用して連携し、遠方監視・制御することで、農業用水の最適な配水、水管理の省力化、節水と節電を行うことにある (図 2)。施設管理者は、パソコンやタブレット、スマートフォンを通して水管理システムへアクセスすることができる。汎用性の高い監視制御システム (SCADA、PLC) をクラウド、低電力広域無線 (LPWA) と携帯回線で運用するため、低コストで拡張性の高いシステムが構築されている。導入地区の管理実態に合わせて、灌漑スケジュール管理、最大損失点圧力一定制御、最適配水シミュレーション等の機能も実装可能である。また、事務所サーバー管理 (オンプレミス管理) と WEB ブラウザ管理 (クラウド管理) が可能なハイブリッド型システムであり、大幅な管理費の削減が達成されている。

ところで SIP では、圃場の給水と落水を同時に制御可能な圃場水管理システムも開発されている。このシステムは、通信系の構成が iDAS と同様で、スマートフォンにより灌漑のスケジュールリングや圃場の水位等を監視しながらの湛水深管理ができる。また、別途開発されたスマート水管理ソフト、すなわちメッシュ農業気象データを用いて水稻の生育予測モデルに基づく湛水管理を支援する行うソフトも搭載可能である。iDAS は API 連携を通して、この圃場水管理システムに接続が可能で、圃場のデータを閲覧したり、必要に応じて指示を送ったりすることができる。

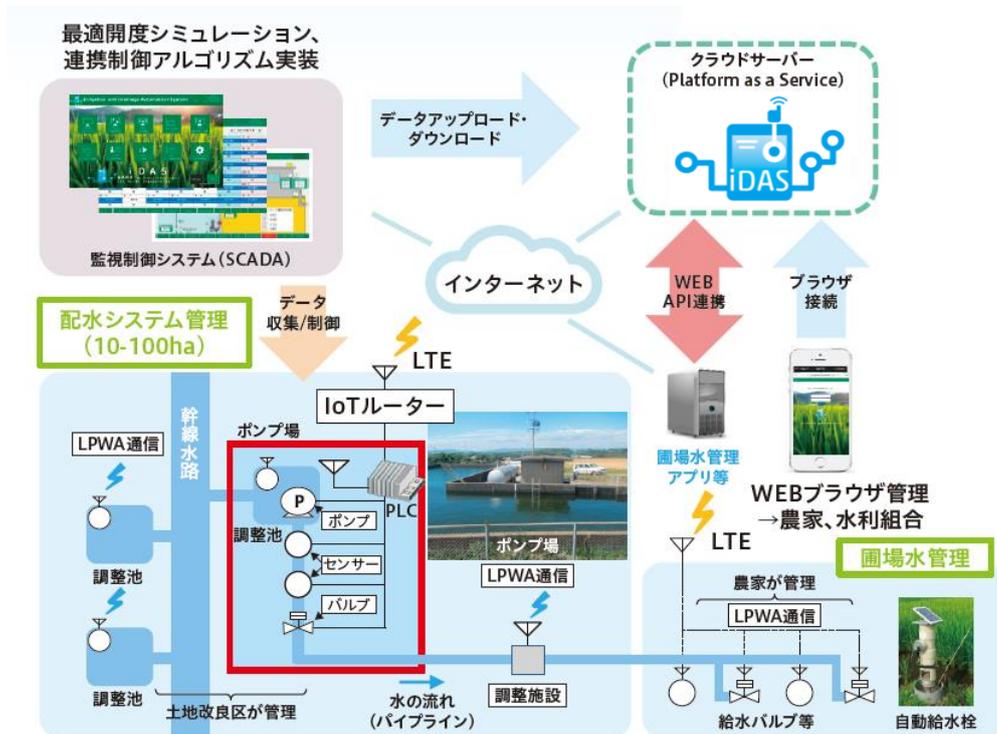


図 2 圃場-水利施設連携型水管理システム (iDAS) の構成

5 ICT 水管理システムの導入例

圃場-水利施設連携型水管理システムは、2018 年度までに 3 県 6 地区の配水システムで実証運用が行われた。以下では、そのうち 2 地区の導入システムと運用結果について紹介する。

一つめは、低平地水田パイプライン地区への導入例である。この地区は、揚水機場から圃場へのポンプ直送方式で、ポンプを灌漑期間中の朝に起動、夕方に停止するが、流量一定で送水を行っていたため、多くの余水が発生し、かつ、電気代の負担が大きくなっていた。導入したシステムは、図 2 に示した構成とほぼ同様に、ポンプ場と 15 箇所の圃場水管理システムを低電力広域無線 (LPWA) で結び、ポンプ場の出力、送水圧と流量、および各圃場の田面水位とバルブ開度などを監視することができる (図 3)。配水機能としては、灌漑スケジュール制御、送水圧一定制御、推定末端圧一定制御を搭載している。なお、推定末端圧一定制御は、圃場の給水バルブが手動の場合でも、需要に応じてポンプに必要とされる最小限の送水圧を設定するためのプログラムである。導入効果としては、遠方監視制御による水管理労力の軽減はもとより、導入前に比べて約 4 割の節水・節電が達成されている。また、管内水圧を約 5 割低減できたため、長期的には漏水リスクの低下にも効果を発揮するものと期待される。

二つめは、中山間地水田パイプライン地区への導入例である。この地区では、揚水機場から圃場までの間に配水槽が置かれており、圃場へは自然圧で送水が行われている。しかし、配水槽の水位や圃場での水需要がわからないため、配水槽の水位を一定に保つためにポンプからの送水が絶えず、多くの余水が発生するとともに電気代の負担が大きくなっていた。そこで、まず圃場の給水栓を電動バルブに変更して、水田水位を参照しながら制御を行うことで、圃場からの無効放流を抑制した。また、配水槽の水位と圃場の水需要を監視して、ポンプからの給水が適切に行われるように出力を段階的に制御することとした。この結果、ポンプ運転の自動化による労力削減に加え、先の導入例と同程度の節電効果が得られた。

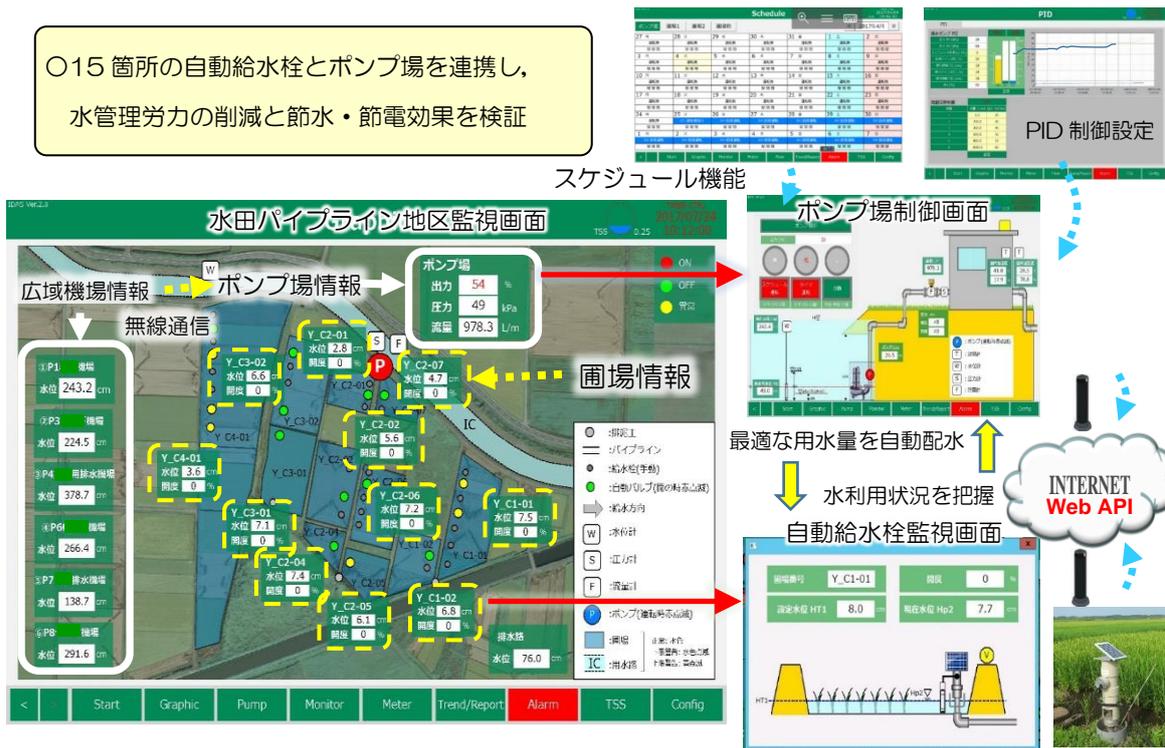


図 3 ICT 水管理システム (iDAS) の運用画面

6 まとめと今後の課題

戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第 1 期「次世代農林水産業創造技術」(2014～2018)の「スマート水田農業の開発」において、圃場-水利施設連携型の水管理システム (iDAS) と圃場水管理システムが構築され、ポンプ-パイプライン系水利システムの遠方監視制御・自動化が可能になった。スマホやタブレットの利用で管理労力は大幅に軽減され、ポンプ機場の電力消費が従来の約 4 割削減されるとともに、パイプラインの管内圧力も約 5 割軽減された。

しかしながら、ICT 水管理システムの導入は、支線レベルの配水施設から下流でようやく実用化の端緒にたどり着いたところである。今後もシステムの導入費と維持管理費の低コスト化が求められるであろうし、費用対効果を見据えた導入条件の明確化も必要であろう。特に、圃場-水利施設連携型の水管理システムについては、適用が可能な配水システムを拡大しつつ、より上位の幹線システムとの連携を図り、また広域の需要予測に基づいたシステムを構築するなど、さらなる進化が期待される場所である。