

# 農村地域の情報通信基盤整備を

— 日本の水田稲作の転機にあたって —

東京大学大学院農学生命科学研究科准教授

飯田俊彰

## 1. 農業水利システムの発展

水は農業生産に必須の資源であり、人間は食料を生産するための水を得るために古来より多大なる努力と投資を惜しまなかった。狩猟生活から定住農耕生活へ移った初期には、収穫は降水の多寡によって大きく左右された。やがて時を待たずに、豪雨災害や渇水による減収をできるだけ抑えて安定した食料生産ができるよう、治水および利水が行われるようになった。以来長い間、人間は食料をより安定して生産し、かつ生産量を拡大させるために、治水および利水に営々と取り組み、様々な技術を発達させてそれを実装してきた。特に、水源から農地へ人工的に水を供給する「灌漑」を行うため、それぞれの地域の地理特性、気象特性に応じて、それぞれの地域に適した農業水利システムを高度化させてきた。

日本を含む東アジア、東南アジア、南アジアのインド東部までは、そこでの気候が季節風の影響を強く受けるためモンスーンアジアと呼ばれるが、ここでは水田稲作のための農業水利システムが発達した。モンスーンアジアでは、雨季の豊富な降水を利用した稲の栽培が広く行われ、コメを食べる文化圏が形成された。水田稲作による食料供給により、この地域における世界でもとりわけ高い人口密度が支えられていると言える。稲は湿地の植物なので通常は地表面に湛水した状態で栽培される。湛水は地中に浸透するとともに大気中へ蒸発散するため、湛水を維持するためには大量の用水が必要である。そこで、モンスーンアジア地域では、それぞれの地域に適した水田稲作のための農業水利システムが高度に発達した。麦類や豆類などの乾いた畑での栽培や放牧による畜産を基本的に降水のみで行う欧米、ロシア、オーストラリアといった地域の農業とは大きく異なり、モンスーンアジアでは農業水利システムの整

備は、いつの時代にも最優先の課題であった。

日本は水田稲作地帯の北部に位置し、コメを食べる文化圏にある。水田稲作は日本の農業の中心を占めている。現在、日本の全耕地面積のうち54.5%は田で(平成30年、農水省統計情報)、年間約540億 $m^3$ 利用されている農業用水のうち94%は水田灌漑用水として利用される(平成27年、日本の水資源(国交省))。佐賀県の菜畑遺跡などにより、西日本では紀元前1000年頃から灌漑による水田稲作が行われていたことが示されている。以来、土地生産性、労働生産性を向上させるために、ため池の築造、水路の建設など水田稲作のための農業水利システムは発展を続けてきた。

戦後の高度経済成長期以降には全国で近代的農業水利システムが整備された。現在、日本全国の農業用の用排水路の総延長は約40万kmあり、地球から月までよりも長い。受益面積100ha以上の基幹的水路だけでも約49,000kmあり、これは高速自動車道(8,776km(平成28年、国交省))や鉄道(JR旅客線)(約20,000km)よりも長く、一般国道の総延長(55,565km(平成28年、国交省))に匹敵する。ダム等の基幹的施設は約7,000か所あり、これらの農業水利施設のストックの資産価値は約32兆円と見積もられている。

農業水利システムは、水源施設、取水施設、送配水施設、排水施設で構成される水路系と圃場水管理施設、およびこれらを制御する水管理制御施設、水管理組織からなる。水源施設にはダムやため池があり、河川から取水する場合の取水施設が頭首工である。送配水施設は、用水路、分水工、減勢施設、ポンプ場などからなり、排水施設は排水路、排水水門、排水機場などからなる。また水田圃場には、取水口、給水栓、暗渠排水施設など水田圃場内の水を制御する装置がある。

それぞれの施設が、各時代の最新技術を導入されて技術的に進化してきた。かつて食料生産のための水の制御は手間ひまかかるたいへんな作業だったが、現在はその労力は大きく軽減している。また、渇水による農業被害の頻度は確実に低下している。現在の日本の水田灌漑システムは技術的に世界でも最も高度なものであり、日本の平野部のほとんどの水田は最も先進的な構造を備えたものになっている。

## 2. 転機にある日本の水田稲作

一方で、日本の水田稲作は現在、構造的な問題に直面している。国民の食生活の変化によって、コメの国内消費量は1960年代初頭以降一貫して減少している。内外価格差のため輸出量の急増は期待できず、むしろ農産物貿易自由化の流れに伴う輸入量の増加が懸念されている。日本人の主食であるコメの単価が急激に上昇することはあり得ないし、また社会的に許されるものでもない。つまり、産業としての稲作農業の全体の市場規模は、縮小することはあっても拡大することは期待できない。それに連動して、若年層の都市への流出による高齢化と後継者難が起きており、耕作放棄地の増加による国土の荒廃などの問題を引き起こしている。しかも、依然として日本人の主食であるコメを安定して供給するため、国内消費量に見合うコメの生産は不可欠である。

この状況を打開すべく、担い手農家への農地集積が国策として進められている。後継者のいない農家は各地域で農業を続けようとしている若手のやる気のある担い手農家へ耕作を委託することにより、耕作放棄を抑制し、かつ担い手農家の経営状態を大規模化によって改善しようとする方策である。人・農地プラン(地域農業マスタープラン)、農地中間管理機

構（農地集積バンク）といった具体的な施策により、担い手農家への農地集積は着実に進んでおり、大規模水田稲作を経営の中心とする農業法人も全国各地に出現している。

担い手農家への農地集積が進めば、各経営体での単位面積当たり耕作者数は大きく減少する。耕作者数の減少は、これまでそれぞれの地域で確立されてきたきめ細かな水管理の粗放化を招き、収量や品質の低下による土地生産性の減少、地域の水資源の浪費、豪雨等の災害時の対応の遅れなどをもたらす可能性を持っている。実際、水路系においては、農業集落で毎年行われていた水路の泥上げ作業や水路脇の草刈り作業などが滞り、適切な送水が阻害される事例が起きている。また、多数の分散した圃場の水管理を行うための圃場の見回りは、大規模経営体の大きな負担になっている。少人数で、水管理労力を格段に削減するとともに、地域の水資源を有効に利用する、適切な水田水管理を確保する方策が望まれている。

そのための切り札として、近年急速に進化しているセンシング技術や ICT の導入が期待されている。農林水産省も平成 27 年度概算要求に初めて「パイプライン化や ICT の導入等により、水管理の省力化と担い手の多様な水利用への対応を実現する新たな農業水利システムを構築し、農地集積の加速化を推進」という施策を明記し、農業水利への ICT 導入に大きく舵を切った。技術面での進歩も顕著で、既にさまざまな農業水利に関する ICT 機器が世に出ている。しかし、これらはほとんど普及していないか、あるいは農家にとって財政的な負担になっており、農業水利への ICT 利活用は順調に進んでいるとは言えないのが現状である。

以下では、現在の日本の水田稲作の構造的な問題の解決に近づくことを目指して農業水利への ICT 利活用を推進するため、今何をすればよいかについて考察する。筆者は、この問題を考察する際のキーワードは、「サービス概念の導入」と「農村地域での情報通信基盤整備」の 2 つであると考えており、以下ではこの 2 点について詳細に述べる。

### 3. 農業水利サービス

#### (1) サービス学の発展

現在、先進国での一般消費者の顧客満足の対象は、モノからサービスへと移っ

表-1 農業水利サービスの内容

		受益者にとっての農業水利サービスの価値	
		生産資源としての価値	多面的機能としての価値
受益者へ届けられる農業水利サービスの形	水	・適時、適量の配水 ・適切な水質、水温	・適時、適量の送水 ・適切な水質、水温
	情報	・近未来の水量・水質の情報（特に、渇水時、豪雨時）	・水辺空間の状態についての情報 ・豪雨時の避難情報

ている。モノそのものの提供よりも、利便性、快適性やサービスの向上が一般消費者の大きなニーズとなっており、製品の提供を中心とする GDL (Goods dominant logic) から、顧客がモノやサービスを利用することによってはじめて価値が生まれるという SDL (Service dominant logic) への意識転換が進んでいる。環境面からも、大量生産大量消費よりもサービスと知識の供給が志向されており、産業構造の転換が進んでいる。

近年のサービス産業の顕著な成長を背景に、新しい学問分野としてサービス学 (Serviceology) が発展している。これまでのサービスの提供・消費は当事者の経験と勘に依存する部分が多かったが、科学的手法で得られたデータによる顧客ニーズの把握や顧客の分類が行われるようになり、新たなサービスの創出、品質向上や経費削減といった既存サービスの生産性向上を目指した研究が進められている。その成果により、様々な分野で、顧客ニーズを詳細に分析し、ニーズにきめ細かく対応する適切なサービスが提供されるようになった。

#### (2) 農業水利サービス

農業水利は、用水の利用者であり受益者である農家に対するサービスであるという捉え方ができる。一方で、古来より農業水利システムの整備は、農業生産力を強化し国力を増強する目的で、時の為政者や権力者の主導によって行われてきたため、農家へのサービスという考え方は希薄だった。また近代以前までは、技術的に開水路による高低差を利用した重力灌漑以外の方式が難しかったため、農業水利システムの整備では供給主導型の設計が行われてきた。つまり、農業水利の主たる目的は取水源にある水をすべての圃場へ的確に届けることであり、これ

は GDL に基づいた考え方であった。この傾向は現代にも残っており、農家が水を利用する際に利便性や安定性といった価値が生まれるという SDL に基づいた発想には乏しい。ひいては、現状の農業水利システムが持つ価値が最大限に発揮されていない面がある。このような状況へサービス概念を導入することにより、農業水利が受益者のニーズに基づいた需要主導型のサービスを提供するシステムとしての機能を発現できる可能性があると思われる。

サービス学での表現を用いると、「農業水利サービス」を「農業水利に由来する、人間のための価値創造を目的とした機能の発現」と定義することができる。農業水利サービスの具体的内容は、表-1 のように整理できる。サービスの受益者にとっての農業水利サービスの価値は、生産資源としての価値と、防災、環境、景観等のいわゆる農業水利の多面的機能としての価値とに分けられる。受益者へは、用水そのものと用水に関する情報として、農業水利サービスが届けられる。それぞれに対して表-1 に示す内容が農業水利サービスとして規定される。

### 4. 農業水利における ICT 利活用の現状

#### (1) 水路系での農業水利サービス

日本では 20 世紀末頃までに、平野部の大規模な農村地域の水路系では TM/TC システム（テレメータ/テレコントロールシステム）が導入された。TM/TC システムは、農業用水路網内の主要な地点での流量、水位、ゲート開度などの遠隔監視、主要なゲートの遠隔操作を行うシステムである。農業用水路の管理は受益者である農家（組合員）によって設立される土地改良区が行っているが、このような遠隔監視、遠隔操作が土地改良区の事



写真-1 TM/TCシステムの端末（大井川用水土地改良区）



写真-2 遠隔操作型給水栓による灌漑（福井県）

務所にある端末で行われている（写真-1）。TM/TCシステムの導入により、幹線水路では時間的および場所的によりきめ細かな流量および水位の制御が行われ、上流端からの流入水量と支線での必要水量の情報に基づいた支線へのより効率的な配水と無効放流の節減が可能となった。支線へ適時に適量の水が配水されることにより、支線での水量の過不足や到達時刻のズレが減少するといったように支線側の利便性、効率性が向上し、農業水利サービスの向上がもたらされたといえる。近年の新しい製品では、豪雨時のゲートの自動閉鎖、土地改良区職員へのアラート等の機能が導入されており、災害対策の面でも受益者へのサービスの向上がもたらされている。

一方、TM/TCシステムを維持するためのランニングコストは、土地改良区の財政の大きな負担となっている。メンテナンスや補修のための経費に加えて回線使用料としてやむなく高額な料金を支払っ

ている土地改良区が多い。そもそも水路は土地改良区が管理している資産である。TM/TCシステム用のケーブルを幹線水路に沿って水路敷地内に自前で敷設して通信を行えば、メンテナンスや補修のための経費は必要であろうが、回線使用料を支払う必要は無い。水路系における情報通信基盤の再整備あるいは改善が強く望まれるところである。

## （2）圃場での農業水利サービス

水田圃場においては、前述した通り、単位面積当たり耕作者数の減少により、水管理のために多数の分散した圃場を見回る労力が大きな負担になっている。筆者らのこれまでの調査によって、稲作農家は水管理に負担を感じていること、圃場面積割課金であるため節水のモチベーションは少なく農家はもっぱら水管理労力の節減に関心があること、個々の圃場の特性を利用したり水管理の時間帯や方法を変えたりなど様々な労力削減行動が

取られること、などが把握されている。また、稲作農家が連続湛水時に圃場を見回る際にチェックしているポイントは、湛水深と作物状況である。最大の懸念は、畦畔の崩れや小動物の穴による、湛水の急激な消失である。

この状況に対応して水田圃場の遠隔監視装置が近年開発されており、既に複数の民間会社によって製品化されている。これを導入すると、農家は手元のモバイル端末等を用いて湛水深、水温を常時モニタリングしたり、圃場の静止画像を一定時間間隔で受信したりできる。また、水田圃場の給水栓や水口のゲートを遠隔操作する装置も製品化されている（写真-2）。技術的な面だけからは、自宅に居ながら遠隔地の圃場の状況を監視し、それに対応して水管理を行うことが可能となっており、圃場見回りの必要は無いというところまで来ている。

今後さらに農地集積が進むと水管理労力は飛躍的に増大するため、このような遠隔監視、遠隔操作に対するニーズは拡大することは必至である。また、土地改良区は、水が出ない、水が来ない、水が溢れている（漏れている）等の、農家や非農家からの苦情への対応業務に追われているが、遠隔監視装置が広く普及してそのデータを共有できれば、土地改良区の配水業務にとっては大きな価値がある。さらに、湛水の水温に関心のある稲作農家が見られるが、圃場に水温センサーを設置することにより、高温障害対策、低温障害対策といった気候変動対応に資することも可能である。

しかし、このような水田圃場の遠隔監視、遠隔操作装置は、稲作農家へほとんど普及していない。その最大の原因はコストであることは言うまでもない。既に述べたように、耕作者数の減少に対応するため水管理の労働生産性の一層の向上が待ったなしの課題となっており、それを解決するための方策としてICTの導入が期待されているが、その際に、農家の現状にコスト面でもベネフィット面でもピッタリの製品でないこと普及しないのである。最新技術を活用し高度な機能を備えた製品ほど高価であり、このような製品は普及しない。現実の農家は具体的にどのようなサービスを求めているのか、サービス科学の視点を取り入れた詳細なニーズ探索が必要である。

コストの抑制のためには、機器類の低価格化と通信費の節減が大きな課題であ

る。機器類の低価格化については、各メーカーでの技術開発が続けられており、次第に低価格化が進んでいる。ランニングコストとしての負担になる通信料の削減には、農村地域での情報通信基盤の整備が欠かせないだろう。現在のほとんどの遠隔監視、遠隔操作装置では、各圃場あるいは圃場群との通信は商用回線を介して行われている。しかし、ある農家が耕作する圃場の情報は基本的にその農家だけに有用であり、回線を流れる情報密度も大きなものではないので、圃場と農家との間の通信には安価かつ簡易な通信網を自前で確保した方が通信料を抑制することができると思われる。またこのような通信網はこれからの食料生産のための必須なインフラであり、公共事業によって整備する方策もあるだろう。土地改良区をはじめとする関係者とのデータ共有のためには、農家からルータを介してインターネットへ接続する方式が可能であり、この方式は自家内ネットワークへの不正アクセスを防ぐ情報セキュリティの面からも妥当である。

コストの抑制と並んで重要なのが、水田圃場の遠隔監視、遠隔操作装置の導入によって得られる利益（ベネフィット）の定量化である。当然のことながら、導入による利益の程度は、経営体の規模、人員体制、圃場分散度などの条件によって変化するが、これらの条件と導入によって得られる利益との関係を、経営体レベル、地域レベルで調査する必要がある。経営体単位での労力削減、経費削減の度合いや、地域レベルでの水資源、揚水エネルギーの節減の度合いなどを客観的に測定することが必要である。それにより、どのような条件下で大きな利益が得られるのか、どこまでコストダウンが必要なのか、を見極めることができるだろう。

## 5. おわりに

### (1) ICTの利活用による農業水利サービスの提供にあたって

ICTの利活用による近代的農業水利サービスの提供を目指す際に最も肝要な点は、受益者の真に必要なニーズを的確に把握し、そのニーズを確実に満たす安価なシステムを提供することであろう。ICTは急速に進化しており、コストに糸目をつけなければさまざまな省力化が十分可能になっている。しかし、ICTの利活用による大きな市場拡大が見込める都

市型の産業とは異なり、水田稲作の全体の市場規模は決まっている。稲作農家に対して「こんなこともできます。あんなこともできます。」とソフィスティケートされた装置を紹介するのみでは意味がないと言えよう。最低限の追加投資で真に必要なニーズを的確に満たして利益を創出していくことが目指されるべきである。ICTの利活用による利益は、ICT導入によって得られる余剰労力を、経営規模の拡大、販路拡大、圃場での営農以外の他の6次産業等へいかに生かしていくにもかかっており、サービス科学の手法を活用した農家のニーズのきめ細かな把握が必要である。

また、農業水利でのICTの利活用を進めるにあたって、水路系においても圃場においても、通信を商用回線に依存していくことはコスト面から得策ではないだろう。農村地域での情報通信基盤を整備し、簡易な通信網を用いることによって、ランニングコストを抑制することが肝要だと言える。

これまで日本各地の農村地域で、水と土地を対象として農業生産基盤整備が公共事業として行われてきたが、これからは水と土地に加えて情報通信基盤が、農業生産のための必須のインフラであると認識されるべきであろう。計画・設計段階から情報通信基盤整備を取り入れた、新たなタイプの公共事業の計画を考えていく必要があるだけでなく、農業生産基盤整備としての情報通信基盤整備が一般社会に広くPRされる必要があるだろう。

### (2) 農業水利もビッグデータの時代へ

今後、農村地域での情報通信基盤整備が進み、農業水利でのICTの利活用が進めば、これまでとは比べ物にならない量の現場での生データが毎年蓄積されることになり、農業水利にもビッグデータの時代が訪れる。TM/TCシステムが導入されている水路系では既に主要地点での流量、水位、ゲート開度といった実測データが蓄積されている。これに加えて、ひとつひとつの水田圃場での、給水栓の開閉時刻や開度、湛水深の経時変化といった実測データが、無数の圃場について毎年蓄積されるのは、夢のような話である。今後は、蓄積されたビッグデータから新たな価値を引き出す仕事が重要となってくるであろう。さらに、ビッグデータの解析の成果に基づいた、水田圃場の水管

理用の人工知能（AI）の開発も進むであろう。農業水利事業へこれまで参入がなかったIT業界やサービス業界からの、新たな参入が起こることが期待される。

ICTの利活用による近代的農業水利サービスの提供により、稲作農家の経営安定化と自立が図られ、新規就農の促進や農村社会の活性化が進むことが強く期待される。これらは、耕作放棄地の抑制や、国民へのさらに安全安心な食料供給体制の実現に繋がっていくであろう。