

中山間地域における 水利施設の遠隔監視機器導入の取組み

藤 井 清 佳／山 本 有 紀

1. はじめに

水利施設の管理においては、通常時の配水や、災害時など、あらゆる場面で水門やゲートの操作を適時適切に行う必要がある。流域内の様々な設備を総動員して水害を軽減する「流域治水」の取組みが広がりつつあるなかで、その重要な要素として、遠隔監視や水門操作の自動化が推奨されている。

中山間地域の水利施設管理においては、例えば、①落葉や枯れ枝などが集積しやすい、②水路にたどり着くため山道を通る必要がある、③災害時には土砂や倒木に阻まれることがあるなど、管理作業においては様々な困難を抱えており、遠隔監視・遠隔操作が可能になることで得られるメリットは大きい。加えて、人口減少、高齢化の進む中で、いかに世代交代をスムーズに進め、施設管理を継承していくか、ということも一つの課題であろう。作業者の安全を確保することに加えて、次世代の担い手への継承という側面からも、遠隔監視・遠隔操作の実装が求められる。

しかし、中山間地域では、遠く離れた水源から農地まで導水するために、山間部に配した水路を利用する地域も多い。そのため水路と宅地が離れており、電源や通信環境のような、技術を活用するために必要なインフラ整備が十分でない場合がある。

中山間地域における ICT 活用の活路を見出すことを目的とし、筆者らは、スマート農業技術の実証「農業インフラの多目的活用による多面的機能発揮と強靱な中山間農業のための技術体系の実証」（2021～2022年）において、ネットワークカメラ等による水路の遠隔監視システムを構築し、その労力軽減効果を検証した。本稿では、中山間地域の水利施設管理において、

遠隔監視が可能になることによって、日常行う管理作業に生じた変化について紹介する。なお本稿では、既報の研究ノート⁽¹⁾、および2023年度学会報告⁽²⁾の内容を再構成し、報告以後の運用状況も交えて紹介する。

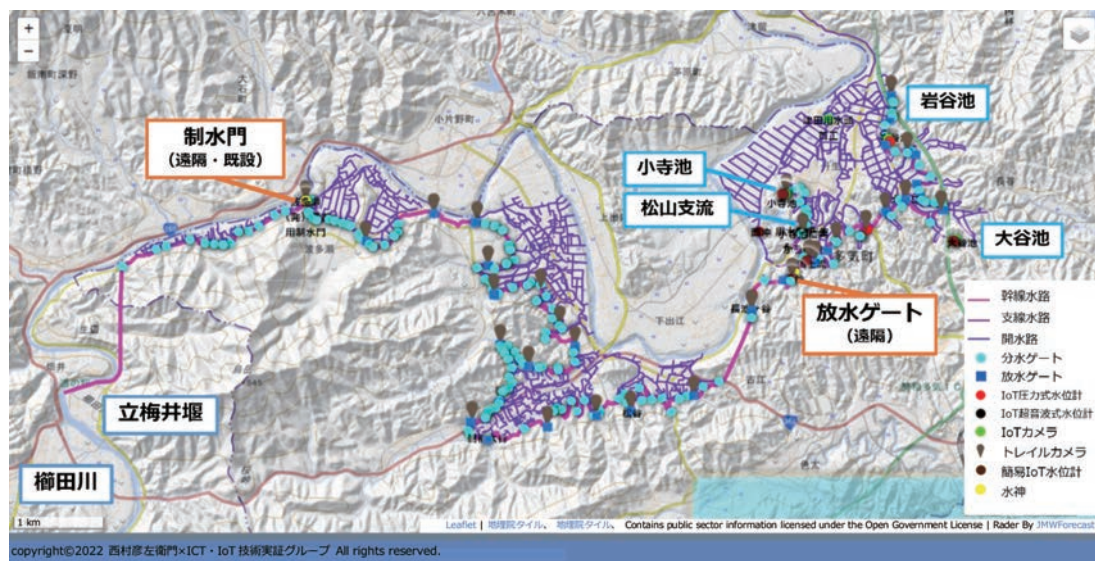
2. 立梅用水土地改良区の概要

実証地である立梅用水土地改良区は、三重県多気町旧勢和村の10集落のうち、5集落に受益地を持つ。1823年に完成して以来、200年を超えて運用されている、歴史ある用水である。長く運用される中で農業や地域の有り様も変化し、用水への関心が薄れゆくことへの危機感を発端に、地域づくりの取組みも盛んに行われている⁽³⁾（写真－1）。長年の多様な取組みを紹介するには紙面が足りないため、ここでは用水の管理に焦点を絞って紹介する。



写真－1 あじさいまつり

立梅用水は、櫛田川上流の立梅井堰より取水し、地図上の直線距離で約9.5km先、延長28kmの幹線水路を流下して、勢和地域の約260haの農地に配水される。水路には156カ所の分水ゲートと38カ所の放水ゲートが設けられており、日常的に作業に関わる人々は難なく乗り越えているように見えるが、その位置を



図－１ 立梅用水の水利施設および遠隔監視システムの概要（2021～2022年度）^{注1）}

覚えるだけでも最初は相当の労力である。水路の管理作業は、土地改良区職員1名、専従員2名、各集落から選出される用排水調整委員6名の、計9名で行っており、主として専従員は配水に関する作業を、用排水調整委員は非常時の放水操作や集落との連絡役を担当している。近年では、水田の畑地利用により転作物や野菜の作付けが増えたことで、水需要が変化しつつある。そのため、もともと用水供給の制御が難しい施設であったところ、これまでの経験と勘に基づく配水操作では対応の難しい場面も出てきている。また、夜間や荒天時はゲートの操作に向かうのに危険が伴うため、これまでは天気予報等から今後の状況を見極めて、事前に各種ゲート操作を行っていた。しかし近年では、予報が時間単位で変化するなど、集中豪雨の予測が難しいことで、放水操作についても対応に困難さが生じ始めている。

3. 遠隔監視機器の概要

実証において構築した遠隔監視システムは、通信機能を備えたトレイルカメラ29台、遠隔操作可能な水門（既設含む）等から構成される（図－1）。また、各機器に固有の遠隔監視機能にアクセスする必要があるところを、一元的に閲覧することができる Web システムを試験的に構築した。実証期間の2021年～2022年には、水位計、流速計など様々な機器を配置して観測を行っていたが、主として日常の管理作業に用いられ、現在も継続して使用されている部分について紹介する。

（1）通信可能なトレイルカメラ

幹線水路の巡回を行う際にチェックする頻度の高いポイントやアクセス困難な地点を29地点選定し、通信機能を備えたトレイルカメラを設置した。静止画の撮影機能を使用し、①毎朝設定した時刻に1回、全地点で一斉撮影を行う、②大雨時等にSMS（ショートメッセージサービス）によるコマンドを職員または専従員等から送信し、全地点一斉または任意のカメラを指定して撮影を行うという方法で使用した。撮影された画像はクラウドにアップロードされたのち、LINE グループに転送される（図－2）。

土地改良区職員、専従員、用排水調整委員は、それぞれ個人のスマートフォンで画像を確認することがで



図－２ 通信可能なトレイルカメラ



写真-2 操作方法を確認する土地改良区職員

きる。カメラの据え付け時の工夫として、水路の撮影範囲と電池交換の容易さが両立するよう、カメラを取り付けるアームを可動式に工作した（写真-2）。

本機種は、本来、獣害監視の用途が想定されており、山間地での動作の安定性が期待される。また、撮影した写真をクラウドへアップロードする際にLTE通信（モバイル通信）を、撮影コマンドの送受信でSMSを使用するため、台数分の通信契約が必要となる。そのため、設置地点がモバイル通信のサービス提供エリア内である必要がある。また、クラウドサービスはサポート可能なカメラ台数に応じて価格が設定されている。電源は1台につき単三電池12本を使用し、使用頻度に応じて、適宜、電池交換が必要である。

（2）遠隔制御可能な放水ゲート

立梅用水では、山裾に配された山腹水路を利用して、山地からの出水が流入する構造となっている。普段は沢の水を受け止めることで、水量を補給することに役立っているが、大雨が降った際にも大量の出水を受け止めてしまうため、溢水を防ぐためには放水ゲートの操作が重要な役割を持つ。過去、台風に見舞われた際に暴風雨に阻まれて操作が遅れ、下流地域で湛水被害が発生した経験を教訓とし、幹線水路から櫛田川へ直接排水できる最後の放水ゲートに、水門の遠隔制御機器を設置した（写真-3）。

4. 水利施設の管理労力の軽減効果

日常的な配水に関する作業を担当している専従員2名について、土地改良区で労務管理のために使用している作業日誌を整理し、機器導入前後の労力の変化を分析した⁽¹⁾。立梅用水における通水期間は、例年4月25日～8月25日までの123日間であり、2021年および



写真-3 水門遠隔操作監視システム

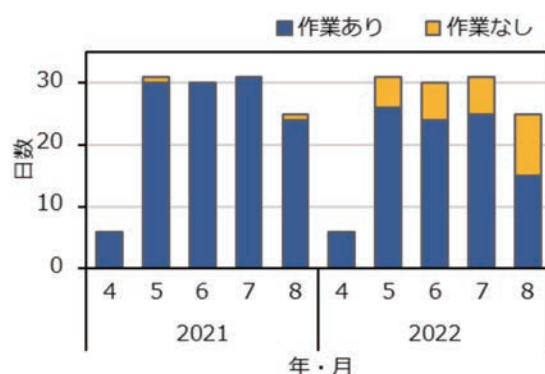


図-3 通水期間中の作業日数

2022年の通水期間中の作業日数および、その日の作業内容について集計を行った。

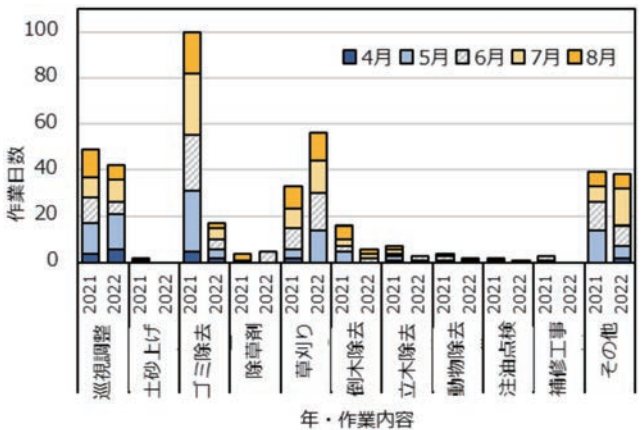
図-3は、機器導入前の2021年、および機器導入後の2022年における作業日数の変化である。専従員2名のうち、どちらかが作業を行った日を「作業あり」、どちらも作業を行わなかった日を「作業なし」として集計した結果、通水期間中の「作業あり」日数は、2021年では121日、2022年では96日であった。これまでは、土地改良区の労務管理上は休日として記録している日でも、実際はトラブルを未然に防ぐために水路を見に行くなど、通水期間中はほぼ毎日、何らかの作業を行っていた。機器導入前後の「作業なし」の日数を比較すると、2021年では2日のみであったところ、2022年では27日に増加しており、機器導入後は専従員の実質的な休日が確保できたといえる。

図-4に、作業内容別の作業日数を示す。最も作業日数を減らせたのは、ゴミがないか確認するための巡回を含む「ゴミ除去」であった。2021年では、通水期間123日のうち100日で「ゴミ除去」が実施されていたところ、2022年には17日まで減少した（83%減）。ま

た、分水ゲート操作や水位確認等を行う「巡視調整」は49日から42日に減少した（14%減）。特に6月、8月の日数が減少し、用水需要が少なくなる時期の作業日数が削減されていた。

一方で、「草刈り」の日数は33日から56日に増加した（70%増）。これまでは水路の巡回監視に多く時間を割いていたが、現地を巡回する頻度を下げられたことで、管理道の向かい側の草刈り、被陰樹木の枝払いなどの、本当はやりたいけれど後回しにしていた作業を行うことができるようになったためであった。

また、新たに発生した作業もあり、約2カ月に1回のカメラの電池交換、各種機器の動作不具合の対応、故障した場合の修理依頼など、導入機器のメンテナンスに関するものが多かった。



図－4 作業内容別の作業日数

5. 定性的な作業の変化

作業日誌による数値的な整理に加えて、定性的な作業の変化について聞き取り調査を行ったところ、遠隔監視機器の利用による効果は、（１）現地対応の要否判断の的確化、（２）情報共有の利便性向上、（３）精神的負担の軽減、の３点に表れていることが把握された⁽¹⁾。

（１）現地作業の要否判断の的確化

これまでは、現地を巡回しながら対応が必要な箇所を確認し、人手や道具が必要な作業があった場合は一度事務所に帰り、再度現地に向かって対応にあたっていた。事前にカメラ画像を確認することで、必要な道具や作業の優先順位を予想できるようになり、現地で

行う作業の効率化が可能となった。

写真－４は、トレイルカメラで撮影された写真の一例である。２つの写真を比較すると、水位の状況に加えて、今日はどのようなゴミがどの程度たまっているか、水質はいつも通りか、コケが減っている（誰かが掃除したのかも）といった情報が読み取れる。巡回の主目的は、水位やゴミ詰まりの確認であるものの、実際に現地に行くことで得ている情報は多岐にわたる。倒木の有無、樹木の枝葉や雑草の繁茂状況、水質の相など、数値データのみでは表現しにくい情報を確認できるという点が、現地巡回を削減する上で重要であったと考えられる。

また、表－１は職員のトラブル対応の記録を抜粋したものである。職員は日常的に、地域からの用水に関する連絡を受け、現地確認や対応に当たっている。その際、カメラ画像を介して巡回前に現地の状況をおおむね把握することができることで、１件あたりがスムーズに対応できるようになった。また、多くの場合で問題解消までが迅速になったことで、２次クレームにつながる事象を減らすことができた⁽²⁾。



写真－４ トレイルカメラによる撮影例

表－１ 遠隔監視システムの活用場面の例

主な問題	対応の概要
水位低下	前日から雨が降っている中、水位が低下していた。調整委員からの連絡を受け、現地確認に行った。カメラ画像を確認して、水位低下が確認された地点から見回りを行った。しかし見回りでは異常が見つからず、雨が降っているため様子を見ることにした。
急な雨	午前３時に雨の音で目が覚めた。遠隔操作でカメラを使用し、様子を見て緊急の対応は必要ないと判断した。
水が不足	水位調整の電話を受け、カメラ画像で様子を確認した。ゲートの穴が詰まっているのを見つけ、現地へ行って除去した。

（２）情報共有の利便性向上

写真－４のような画像が土地改良区職員、専従員、用排水調整委員の間で共有されていることにより、口頭でのやりとりに加えて、視覚的な情報共有が可能となり、スムーズに意思疎通を行えるようになった。そのため、職員が出張で遠方にいる場合でも、同じ写真を見ながら作業員間で相談ができるようになった。

加えて、カメラの撮影画像を共有するためのグループチャットを作成したことに伴い、担当者同士のコミュニケーションツールの選択肢が増えることとなった。機器導入以前は１対１で電話をかけて連絡を取り合っていたが、１人の発信が同時に複数の担当者と共有されるため、担当者間の調整が容易に行えるようになったことも、一つの効果として挙げられる。

（３）精神的負担の軽減

聞き取り調査の中では、「現地に行かなくても様子を確認できることに安心感がある」、「配水トラブルが生じないようにと行ってきた見回りが遠隔でき、気持ち楽になった」という意見が得られた。

立梅用水の幹線水路は、強風や雨により枯れ枝や落葉が集積する場合の他に、カエルの卵やカメなどの動物、どこからか流れてきた瓜など、思いもよらぬ要因で各所に“詰まり”が発生し、配水トラブルにつながってしまうことがある。そのため、通水期間の約４か月間は、天気が荒れたら現地の見回りをしなくては、どこかでゴミが詰まっているかもしれない、念のため少しのゴミでも取っておこう、といった思いを常に抱えながら過ごしていた。この状況は、2021年度の作業日誌からも伺い知ることができる。遠隔監視が可能になったからといって、荒天やゴミ詰まりへの懸念が全て払拭されたわけではないが、カメラ画像を通して現地の状況確認が可能となったことで、判断を迅速に行えるようになり、作業員の不安が解消されるまでの時間を短縮することにつながった。

ただし、管理に携わる全員が遠隔監視システムに馴染めたわけではない。習慣的に早朝から管理作業に赴く場合や、水路を確認しに行く頻度が少ない場合などには、遠隔監視機器を積極的に利用しない（時々利用しても、普段の作業はあまり変わらない）という人もいた。また、中には「自分の担当区間が他の人に見

えてしまうのが、少し恥ずかしい」という意見もあり、心理的な負荷になってしまうという場合もあった。聞き取りを進めていくと、綺麗にする前の水路が写真として残り、それを他の人も見ることを恥ずかしく感じてしまう、翻って言えば、自分の集落の区間は私が綺麗に保っている、という自負心や責任感の表れでもあると推察された。

６．おわりに

専従員・用排水調整委員の年齢層は60～70歳代であるのに対して、土地改良区の施設管理担当者は30歳代と年齢差がある。そのため職員は、機器導入当初、各種機器の使い方をはじめ、スマートフォンの設定・使い方などの指南をする場面も多くあったという。また専従員らも、システムを使いこなすために都度質問を重ね、少しずつ操作に慣れていった。相互に丁寧なコミュニケーションを経た結果、現在も各種システムを使いこなしながら管理作業を実施している。

実証期間終了後は、トレイルカメラの台数を29台から20台に絞り込み、運用に要する費用を抑えている。またその後、2025年現在は2台が動作不調のため、18台のカメラが現役で稼働している。通信料金、クラウドサービス料金および電池等、遠隔監視機能の維持に要する費用は、土地改良区の予算で負担していくことが総代会で承認されている。しかし、やはり毎年費用が発生することに加えて、今後はカメラが故障した場合の更新費用も検討する必要があるため、その負担額は少なくない。

各種事業の活用のほかに費用負担を軽減していく方策としては、受益者を増やすことと、費用削減を図ることの2つのアプローチがあるといえる。例えば、立梅用水の洪水緩和機能⁽⁴⁾を維持するための費用負担として、土地改良区や農家に加えて、流域全体で費用を分担していくという考え方がある⁽⁵⁾。また、本実証では同時に多数のカメラを導入したが、災害時に最も危険な場所や、巡回をスキップできたら時間短縮になる場所、確認頻度の高い場所等を厳選して配置し、徐々に台数を増やしていくことも考えられる。あるいは、通信環境の改善、新たな通信技術の普及により、安価に、場所を選ばずに通信サービスが享受できるようになれば、機器の選択肢も増え、運用に要する費用の削

減が期待される。

それでもなお、課題として残るのは電源の問題である。山腹水路では、斜面や木陰に隠れて十分な日照を得られず、太陽光パネルによる給電が見込めない地点も多い。そのため、定期的な電池交換やバッテリーのメンテナンス等が手間として発生する。加えて、情報サービスを利用する上で避けられない問題として、ソフトウェアアップデートの対応や、サービス有料化・終了、それに伴う代替サービスの検討等も考慮する必要がある。本地域に導入したトレイルカメラは、クラウドから写真を転送する際に「LINE Notify API」というサービスが使用されていた。しかし本サービスが2025年3月末で終了し「LINE Messaging API」に移行したことを受け、本機種のLINEへの転送機能が有料化した^{注2)}。また有料化後のサービスでも、転送可能なデータ数に制限があったため、20地点×9名への配信を賄うことができなかった。そのため応急的な対応として、職員が写真をクラウドからダウンロードし、毎回手作業でグループチャットに転送している。このようなサービスの仕様変更にも対応する必要性が生じていることで、職員の負担はこれまでと違った形で増加しており、今後の検討課題の一つである。

立梅用水は、農業用途として重要であるだけでなく、地域の文化の一部としても受け入れられている。次の200年に立梅用水をつなぐためには、先人達の積み重ねてきた古き良き知恵を大事にするのと同時に、現代の生活にもなじむ方法で、安全に、用水を維持管理するための新しい技術や考え方を積極的に取り入れ、次世代、またその次の世代へと受け継いでいく必要がある。立梅用水を農村とともに維持していくための、様々な試行とアップデートを繰り返しながら、現在も管理・運用を続けている。

7. 参考文献

- (1) 藤井清佳、芦田敏文、遠藤和子 (2023) 山腹水路への遠隔監視システム導入による配水に係る管理労力の軽減、農業農村工学会論文集、316、IV_17-IV_20
- (2) 藤井清佳、芦田敏文、遠藤和子 (2023) 山腹水路への遠隔監視システム導入による施設管理者の問題対応の負担軽減、2023年度 (第72回) 農

業農村工学会大会講演会講演要旨集、381-382

- (3) 高橋幸照、折戸佑基、福本昌人 (2017) 多気町勢和地域における地域資源の保全・活用を通じた地域活性化の取組み、農業農村工学会誌、85 (11)、1025-1028
- (4) 岡島賢治、安瀬地一作、遠藤和子、小池竜市 (2021) 溪流からの流出に対する山腹水路の洪水緩和機能、農業農村工学会誌、89(2)、89-92.
- (5) 岡島賢治、安瀬地一作、左村公、岩田祥子、遠藤和子 (2022) 中山間地農業用水路を活用した流域治水の可能性、農業農村工学会誌、90(6)、389-392

8. 参考HP

- 1) 社会資本整備審議会：河川機械設備小委員会（答申）、2022
https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s202_kasenikikai01.html (2025年7月15日アクセス確認)
- 2) 水土里ネット立梅用水：水土里ネット概要（令和5年4月1日付）
<https://www.tachibai.jp/about/#outline> (2025年7月15日アクセス確認)

【注】

- 注1) 図-1は実証にて構築したWebシステム画面より作成。背景図に地理院タイル（標準地図および陰影起伏図、国土地理院）を表示している。
- 注2) LINE Notify APIは、外部サービスの通知をLINEで受け取れるアプリ開発者向けサービスである（API：Application Programing Interface）。無料で利用可能であったが、2025年3月31日にサービス終了し、LINE Messaging APIに移行した。主な違いとして、前者はLINE Notifyからの通知メッセージをユーザーに送信するのみであったが、後者ではこれに加えて、ユーザーからのメッセージにBOTサーバーが応答する対話型の機能を有する。一部は無料で利用可能だが、送信メッセージ数が多い場合等には有料となる。これに伴い、トレイルカメラのクラウドサービスにおけるLINE転送機能も有料化し、1ライセンスあたり1日100通（50データ）等、送信数の制限が設けられた。送信数は人数×通知数でカウントされる。（2025年8月19日時点）