

芽室川西地区における 用水施設管理の高度化に向けた取り組み —ICTを活用した水管理の省力化—

帯広開発建設部 帯広農業事務所 ○大野 創生
近藤 正
目黒 綾

国営かんがい排水事業芽室川西地区は、水需要の変化に対応した用水再編と合わせ、用水路や美生ダムの管理設備等の整備を行うものである。美生ダムの管理設備については、経年的な劣化により故障等が生じているため、農業用水の安定供給に支障を来すだけでなく、維持管理に多大な費用を要している。

本稿は、ICTを活用した設備更新による水管理の省力化について報告するものである。

キーワード：パイプライン、水管理設備、管理省力化、ICT

1. 事業概要

国営かんがい排水事業芽室川西地区は、帯広市及び河西郡芽室町に位置する畑地約2万haを受益地としており、地域農業は、小麦、ばれいしょ、てんさい、豆類の畑作物を中心に、ながいもやスイートコーン等の野菜類を組み合わせた農業経営が行われている(図-1)。本地域のうち芽室町の受益地(以下「芽室区域」という)では、国営土地改良事業芽室地区(昭和56年度～平成19年度)により造成した美生ダムやパイプラインで構成する用水施設を利用しているが、近年の営農状況の変化に伴い水需要が変化している。また、供用開始から約20年が経過

し、ダムの管理設備や用水施設の管理システムは老朽化による機能低下が生じている。一方、帯広市の受益地(以下「帯広区域」という)では、用水施設が未整備であるため、農業用水は主に降雨に依存しており、農業生産性が低く営農上の支障となっている。

このため、本事業は用水施設が未整備の帯広市を含めて用水再編を計画し、パイプラインの新設整備を行うとともに、水管理設備の更新・新設を行うことにより地域資源の有効利用と維持管理の軽減を図り、農業生産性の向上と農業経営の安定に資するものである。

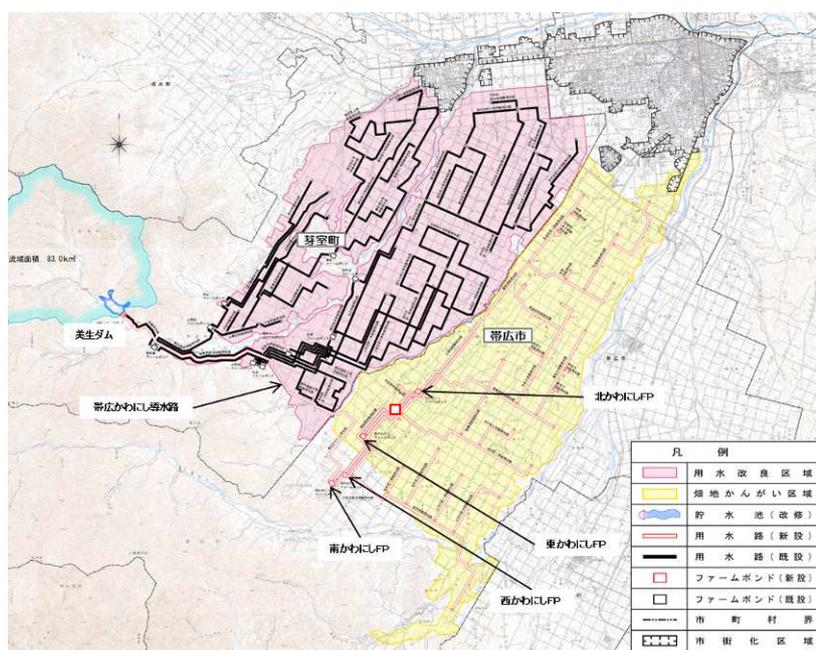


図-1 芽室川西地区用水施設位置図

(1) 用水施設の整備概要

本事業は、帯広区域8,839haに用水を供給する施設として、パイプライン27条、140.5kmを新設する計画である。水源施設については、美生ダム直下に既存の取水施設（減勢工）を増改築して減勢分水工を設け、ここで美生ダムから取水した用水を帯広区域と芽室区域に分水する。新設の帯広区域の用水施設は、ダム地点から帯広かわにし導水路により約20km下流の南かわにし分水工に送水し、その下流の各分水工へは八千代送水路にて配水する。さらに各分水工の下流にファームポンド（以下「FP」という）を配置し、農地へ向けて配水する。帯広かわにし導水路及び八千代送水路はクローズドタイプパイプラインで整備し、各FP以降の配水系はクローズドタイプで整備する（帯広区域予定管理者：帯広市）。

上記に加えて、本事業では、美生ダム地点に小水力発電施設を新設し、売電収益を農業用施設の維持管理費に充てることで、その節減を図る計画である（図-2）。

(2) 水管理設備の整備概要

前歴芽室地区で整備した美生ダム及び用水路施設の水管理設備は、老朽化が進んでおり、ダムコン及び水管理システムの全面更新を行うとともに、帯広区域については、用水路施設の水管理システムの新規整備を行う。

2. 前歴芽室地区の従前の用水施設管理

前歴の芽室地区で整備した美生ダム及び用水路施設（パイプライン）は、現在、芽室町に管理委託し、同町職員の指示のもと、外部委託した操作員が日々の施設操作と水管理に当たっている。

(1) 既存用水施設（芽室区域）

芽室区域の既存用水施設は、美生ダム直下の減勢工で取水後、伏美導水路（φ1,650～1,350mm）を経て西伏美分水工に至り、ここで美生送水幹線用水路（φ1,200～700mm）、雄馬別送水幹線用水路（φ1,500～1,000mm）に分水する。美生送水幹線には3箇所、雄馬別送水幹線には5箇所の分水工があり、それぞれFPに分水する。これらの送水系パイプラインは、オープンタイプパイプラインで構成され、上流側で用水量を制御する供給主導型の用水路システムである。また、FPから下流の配水系パイプラインは、地理・地形条件や農業用機械の使用条件等（水圧確保）の水利用の自由度確保の観点から、クローズドタイプパイプラインで構成され、需要主導型の用水路システムとなっている。このように、供給主導型と需要主導型の2種類の導水路が混在する用水路システムが特徴である。

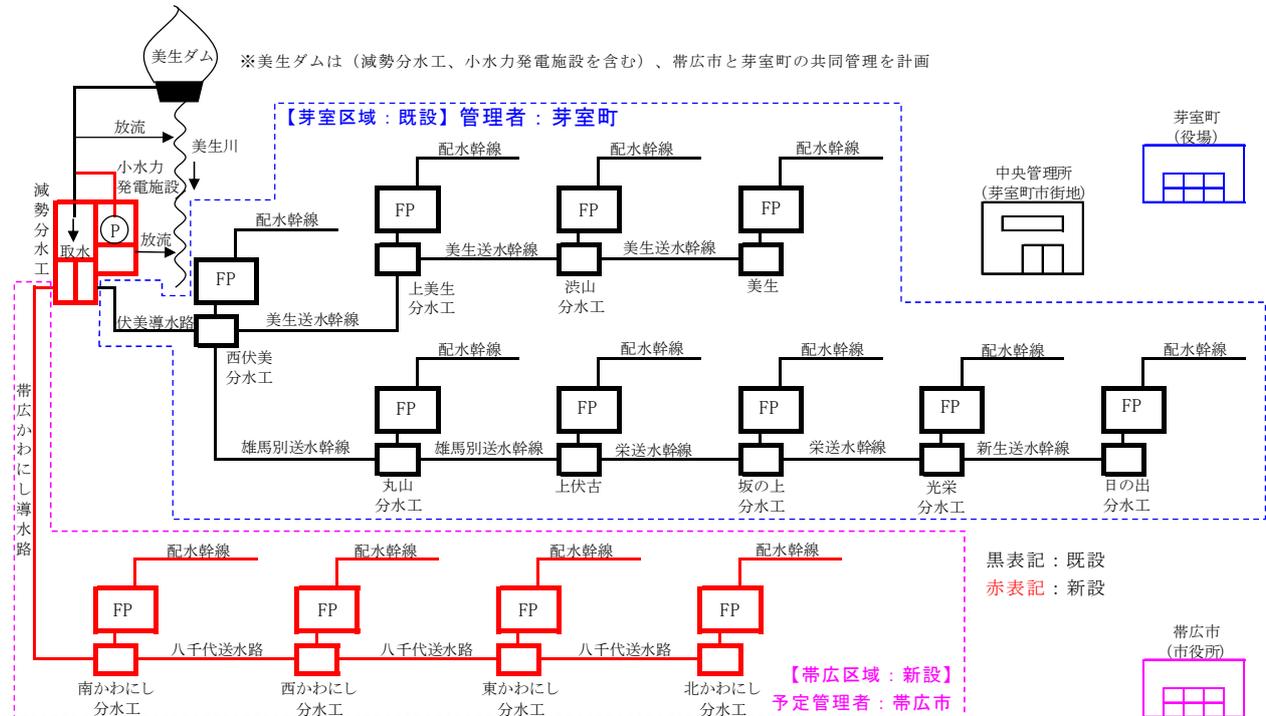


図-2 芽室川西地区用水施設模式図

(2) 既存用水施設の管理（芽室区域）

現在、芽室区域の用水施設の管理は芽室町により行われている。水利用は、湿潤かんがいと肥培かんがいを併せて通年で行われ、美生ダムには専属の操作員（外部委託）を配置して、ダム管理主任技術者（芽室町職員）の指示のもと、日々の管理操作が行われている。用水路施設の管理ポイントは、送水系パイプラインに附帯する分木工・FPであり、FPの水位変動に応じた分水量の調整は、必要の都度、操作員が現地へ赴き行われている。

また、ダムを含む大規模な用水施設の管理支援を目的として、ダムや分木工などの主要な水管理ポイントに水利情報等の伝送機能を備え、芽室町市街地に所在する中央管理所に情報を収集して集中管理する水管理システムを利用している。当該システムは、前歴芽室地区で整備したもので、NTT専用回線や一般加入回線を利用した遠方監視（テレメータ）、警報通知及び音声ガイドの機能を有している。システムの整備から20年ほどが経過し、一部の施設では一時的に通信不良が生じるなどの機能低下が確認されている。

3. ICTを活用した新たな用水施設管理

国営かんがい排水事業芽室川西地区では、老朽化した芽室区域の水管理設備の更新及び帯広区域のパイプライン新設に対応した水管理システムの新設整備を計画した。

本事業は、令和元年度から水管理設備の設計に着手し、関連するICTの動向に留意しながら、水管理の性能向上やコスト縮減への効果を検討のうえ、適宜に、設計内容の改善を行っている。水管理システムの設計にあたっては、管理体制やこれまでの管理実績（特徴）を踏まえ、①水管理の精度確保と省力化の両立、②維持管理費の低減、③用水施設の漏水事故に即時対応を目標として、本地域で利用可能なICTを活用し、用水施設管理の高度化を図るシステムを検討した。

(1) 新たな水管理システム

a) 光回線利用の経緯

既存の水管理システム（芽室区域）は、遠方監視の情報伝送方式として、NTT専用回線（美生ダム）とNTT一般加入回線（分木工・FP）を利用している。NTT専用回線は、維持管理費（通信費）の負担が大きく、この低減と通信性能維持の両立が課題であった。また、NTT一般加入回線も従量課金制のサービスのため、専用回線ほどではないものの、維持管理費の負担軽減が望まれていた。

水管理設備の更新設計に着手した時点で、情報伝送方式については、通信性能とコスト面から美生ダムで衛星波回線を選定し、分木工・FP地点で地上波携帯電話回線（4G LTE）を選定した。設計を進める間に、芽室町では、高度無線環境整備推進事業（総務省）を活用し、農村部における光ファイバーケーブルの整備が計画された。本

事業の申請にあたり、芽室町と当事務所が情報共有し、事業申請時にサービス利用予定箇所を予め申請するという特徴を踏まえ、農村部（山間部）に配置する芽室区域の水管理ポイント（美生ダム、分木工9箇所）をサービス利用予定箇所を含めて計画を進めることで調整を図った。

b) 美生ダムの情報伝送方式

美生ダムは、老朽化したダムコン設備を全面的に更新した。この際、特に中央管理所への情報伝送にかかる維持管理費の低減及びダム管理に係る水利・気象情報などの情報収集性能の向上に留意した。

現況の美生ダムの情報は、情報処理システムの機器構成等の特徴から、貯水位や放流量などの水管理情報と、堤体挙動などの構造に係る情報が、それぞれNTT専用回線（2回線契約）により中央管理所に伝送されている（図-3）。水管理システムの更新にあたり、水管理情報と堤体挙動情報を美生ダム地点で1回線に統合して中央管理所に伝送することで、情報通信にかかる維持管理費の低減を図ることとした。

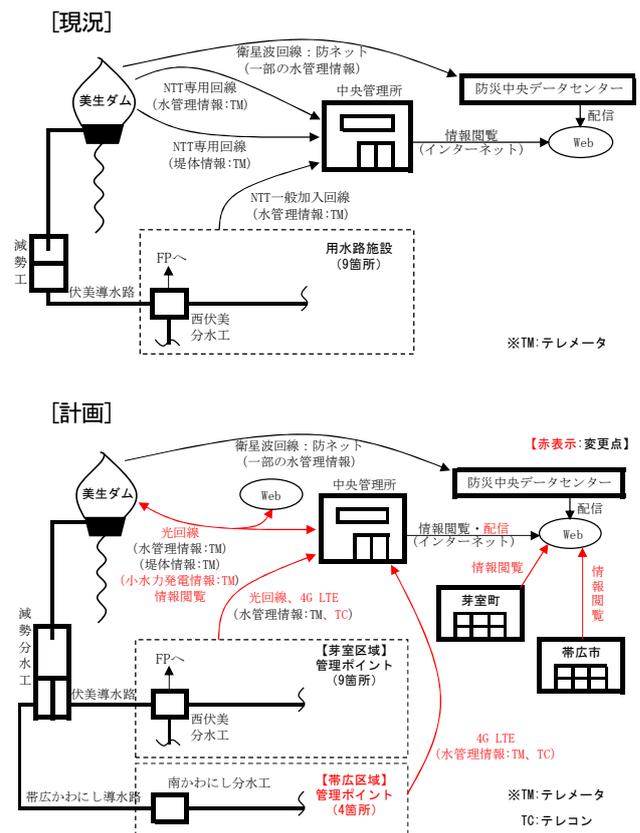


図-3 水管理システム概要図

また、美生ダムは、かんがい目的の利水面に加えて、その立地や規模から、国営造成施設総合水利調整管理事業（事前放流等）への係わりを含めて河川の安全管理面からも重要度が高いため、施設の状態を常に把握できるようにすることが重要である。ダムにおける情報管理で

は、特に地震や豪雨などによる自然災害時の通信維持の信頼性向上が課題であり、対応策の一つとして、通信回線の冗長性を確保する二重化が有効となる。美生ダムには、国営造成土地改良施設防災情報ネットワーク事業（以下「防ネット」という）により整備した衛星波回線による既設の監視システムがある。本システムの管理項目は、水管理システムのそれとは異なるものの、ダム貯水位や放流量などの基本情報が網羅されており、施設管理者は、防災中央データセンター（関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所）で集約・配信される情報をインターネットを利用して閲覧することが可能である。

以上を踏まえ、美生ダムの情報伝送方式は、既設の防ネットが衛星波回線（無線回線）のため、通信回線の冗長性確保の観点から「有線方式」を基本とし、大容量の情報通信性能や維持管理費等を指標とした比較から、光回線の利用を計画した。光回線の利用によって美生ダムでもWebの利用がスムーズとなり、中央管理所からの配信情報や気象情報などへのアクセス性が向上する。

c) 分水工の遠方操作

芽室区域（更新）は、約20年にわたる用水施設の管理実績に基づき、水管理操作の頻度、施設の構造（複数の分水等）、施設の配置（中央管理所のある芽室町市街地からの距離）等を指標として、水管理ポイントごとに重要度を評価のうえ、水管理システム更新の際の管理レベルを決定した。

操作頻度や分水ゲート数が多く、かつ中央管理所からのアクセスに40分程度を要する西伏美分水工と上美生分水工において光回線の利用が可能となったことから、現況のTM機能に加えて、NTT一般加入回線では通信性能やコスト面から実現が難しかった遠方操作（テレコントロール）機能を導入する計画とした。これにより、水管理の省力化が実現するとともに、人的対応との比較では、コスト面で有利となる。さらに、現場作業が少なくなることで作業員の安全向上（作業時の事故防止）も期待できる。

帯広区域（新設）は、水管理ポイントとなる分水工・FPが4箇所あり、いずれも予定管理者（帯広市）の事務所から1時間ほどの距離に位置している。予定管理者の組織体制や隣接する芽室区域の状況を踏まえ、遠方監視に加えて、水管理の省力化を目的に遠方操作を導入する計画とした（図-3）。

(2) パイプライン安全管理に関する実証試験

本地区の用水路施設は、帯広市と芽室町を跨ぐ広域かつ多様な地理・地形条件に配置し、市街地や幹線道路などに隣接する区間もあり、大規模な漏水が発生すれば周辺の浸水被害などを生じる可能性がある。パイプラインの運用にあたっては、利水管理に加えて、漏水への備えも重要である。

本地区では、現在、パイプライン敷設工事の進捗に応

じて、順次通水試験（水張りによる漏水試験）を実施しており、この際、最新の漏水監視システムを試験的に導入し、その効果について実証試験を行った。

a) 従来の漏水対策

前歴の芽室地区では、パイプラインに漏水を生じた場合の被害拡大防止を目的として、大量の貯留水の流出防止を念頭にFP直下や管水路の途中に緊急遮断弁を整備している。この際、弁作動状態の確認や誤作動等への迅速な対応を可能とするため、緊急遮断弁の全閉全開の状態（信号）を中央管理所から遠方監視ができるシステムを整備した。

帯広区域に新設するパイプラインにおいても、芽室区域と同様にFP直下や全長約20kmに及ぶ帯広かわにし導水路（φ1,000mm、最大静水圧1.4MPa）への緊急遮断弁工の設置とその遠方監視を計画している。

緊急遮断弁は、利水に支障を生じないように、計画使用水量の範囲では作動せず、最大使用水量の1.5倍程度の流量を生じた場合に自動閉塞する機構である。すなわち、比較的規模の大きい漏水に対応し、その被害の拡大防止（減災）を目的として設置している。

b) ICTを活用した新たな漏水対策

近年は、ICTの進歩が著しく、それを利用した機器・装置・サービスなども拡大・進展している。パイプラインにおける漏水監視技術も然りで、従来からある漏水探知技術とICTを組合せ、省労力で効率かつ高精度で漏水探知を行うシステムが開発されている。当該システムは、従来の「相関法」による漏水探知と携帯電話回線網を利用したデータ収集、クラウド上でのデータ集積・解析を組み合わせた漏水監視システム（以下「多点相関式漏水監視システム」という）であり、現時点では、上水道施設の管理に利用されている実績があると聞かすが、農業用のパイプラインで利用されている実績は確認されていない。このため本事業で実証試験を行った。

実証試験に用いた機器の概要を表-1に示す。本機は、現場で使用する通信機能内蔵の音圧センサー10基（以下「センサー」という）とタブレットならびに監視データの集積・解析を行うクラウド上の解析機能のセットで構成されている。使用方法は、センサーをパイプラインの分水栓や空気弁工等の任意の附帯施設に設置し（マグネット式）、タブレットにより計測スタートの指示をするだけである。

表-1 多点相関式漏水監視システムの概要

項目	内容	参考
作動温度	-30℃～70℃	
通信方式	携帯通信（NB IoT）	
保護等級	IP68（防水防塵）	
センサー寸法	φ40mm×107mm	
センサー重量	540g	
センサー設置方法	マグネット	

その後、24時間のうち、任意の1時間（通常は雑音の少ない夜中）においてセンサーごとに検知した音圧（dB）データをクラウド上に送信する。音圧データは30秒を1セットとし、1時間分の120セットで1日分のデータとなる。クラウドでは、収集した日々のデータを自動で比較・解析し、音圧の変化から漏水の可能性を判断して管理者に通知（警報発信）するとともに、相関法により漏水位置を概定する。

実証試験の対象施設は、本地区で新規に造成した帯広区域の南広野幹線用水路で、南かわにしFPから接続する口径350～300mmのダクティル铸铁管（DCIP）製、静水圧0.6MPaほどの配水幹線用水路である。センサーの設置は、図-4に示すように既設の制水弁工、空気弁工、分水栓・分岐工および排泥弁工（10箇所）を利用した。この場合、センサー間の距離は100～450mである。

実証試験では、擬似的な漏水として空気弁工（排気弁）から人為的な放水を行い、各センサーにおける音圧の検知及び相関法による漏水位置の概定を試みた。

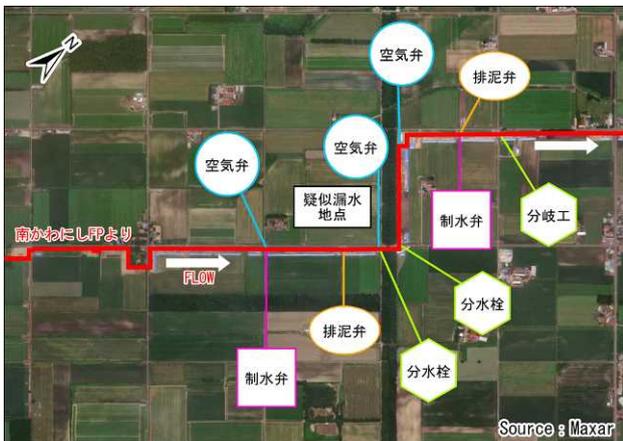


図-4 実証試験位置図

実証試験の結果は、平時と疑似漏水時の音圧及び音声信号スペクトルの比較や疑似漏水時に実際の放水地点と相関法により解析した漏水（放水）位置との比較を行い、その適用性を評価した。

疑似漏水地点（空気弁工）から約150m下流の分水栓を例に、平時及び疑似漏水時（放流量 $Q=0.001\text{m}^3/\text{s}$ 程度）の音圧の観測値と音声スペクトルの解析値を図-5に示す。疑似漏水時の音圧は、平時の13dB未満に対して15～24dBに上昇した。また、音声信号スペクトルにも比較的明瞭なスパイクを示す変化が見られた。このように、当該地点では、疑似漏水時と平時との明瞭な違いが確認できた。なお、音圧変化は、疑似漏水地点から最大600m程度の距離にあるセンサーでも確認できた。

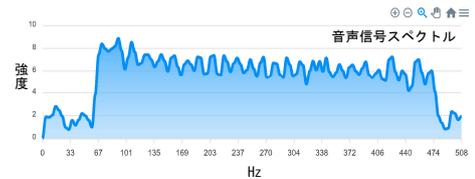
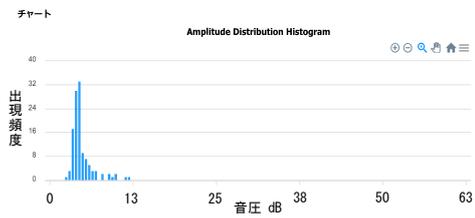
図-6は、疑似漏水地点を挟む排泥弁工と分水栓の観測データに基づく相関法による漏水箇所解析結果であり、漏水の予想位置として、放水地点から約15m離れた位置を示した。

以上の結果から、多点相関式漏水監視システムは、農

業用のパイプラインにおいて、比較的少量の漏水でも検知できることが判明した。

10/14 19:00～20:00（夜間） [平時]

漏水値 (疑似漏水地点から約150m下流の分水栓)			
漏水値	場所	口径	備考ノイズ
0	P2X2+24 日本、北海道帯広市、42.747623°、143.000338°	500000569	2.5



10/20 19:00～20:00（夜間） [疑似漏水時]

漏水値 (疑似漏水地点から約150m下流の分水栓)			
漏水値	場所	口径	備考ノイズ
33	P2X2+24 日本、北海道帯広市、42.747623°、143.000338°	500000569	16.0

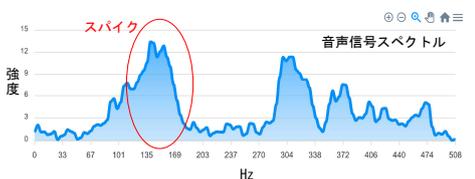
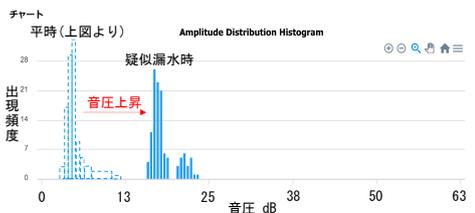


図-5 平時と疑似漏水時の音圧等の比較（分水栓地点）

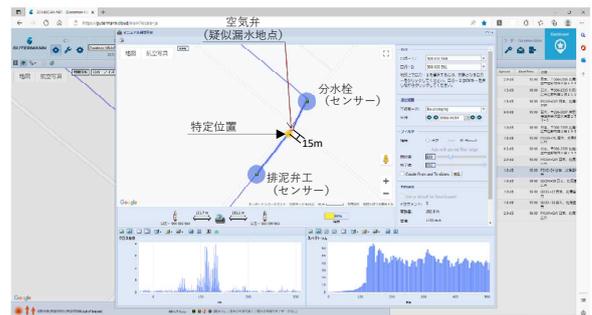


図-6 疑似漏水位置の特定状況（クラウド画面）

平時からの継続的な監視により比較的少量の漏水を自動検知（通知）出来る本システムは、管体の劣化に起因して生じる漏水を少量の初期段階で検知でき、漏水災害の未然防止（防災）に有効と考えられる。地震動の影響等による脱管などの急激かつ大規模な漏水に対応する緊急遮断弁との併用により、パイプライン漏水への備えをより強化できる可能性がある。

一方、本システムの導入にあたっては、センサー10個のシステムを想定した場合で150万円程度の初期費用が必要である（センサー増1個当たり約10万円増：1システムで最大100個までセンサーの増設が可能）。さらに、クラウド利用料金として10万円/年程度（1万円/センサー1個）が必要となる。長大で広域のパイプラインを対象とする本地区への導入には、今後のさらなる技術進歩や市場拡大等によるコストの低減が望まれる。特に、農業用施設では、施設管理者の直接的な負担となる維持管理費の低減が重要である。

4. まとめ

国営かんがい排水事業芽室川西地区におけるICTを活用した用水施設管理の高度化の取り組み状況及び今後の展望を以下にまとめる。

(1) 光ファイバー活用による水管理システムの省力化

水管理システムの設計にあたっては、施設重要度や用水施設の管理実績を踏まえ、当該設備（光回線）によるICTを利用し、現状に比べてより高度で施設管理の省力化を実現する水管理システムの整備を目指し、美生ダムについては、光回線の利用により「維持管理費の低減」、「デジタルデバイドの解消（インターネット接続の計画）」「防ネットと併せて情報伝送路の二重化（防災・減災機能の強化）」を、また、用水路施設については、分水工ゲートのTCの導入により、「管理の省力化と維持管理費低減の両立」を図る設備設計を進めている。

(2) 実証試験によるパイプラインの漏水管理

本地区は長大であるため、広域に配置するパイプラインの一部が民家・市街地に隣接し、幹線道路等を横断する箇所もある。従来からの緊急遮断弁でも大規模な漏水

発生時の減災に効果を発揮するが、一方で大規模な漏水の未然防止が肝要であることから、今回の実証試験で実用的なレベルでの漏水位置の概定が可能であることを確認した。当該システムと緊急遮断弁の併用により、大規模な農業用パイプラインの防災・減災策としての漏水の軽減及び未然防止の可能性が示唆された。

現時点で農業用パイプラインの全域に本システムを整備することは、特に維持管理費の面から現実的ではなく、例えば、市街地周辺や幹線道路の隣接部など、安全確保の重要度が高い区間を対象とした整備が考えられる。このため、施設管理者の組織体制や財政状況などにも留意することが重要であり、機器の導入に向けてはクリアしなければならない課題が複数あるのが現状である。今後、さらなる技術やサービスの進展に留意しつつ、慎重に判断していきたい。

(3) 今後の展望

新設の帯広区域は、パイプライン整備の進捗に応じて、早期の効用発揮に向けた段階的な水利用を計画している。この際、これまでパイプラインの管理実績がない予定管理者（帯広市）による安全で円滑な施設管理の実現のため、施設整備の進捗に合わせて施設管理マニュアルの段階的な整備を進めている。本マニュアルは、水管理システムのソフト機能の一部と位置付け、次年度以降も用水施設や水管理システムの利用実績を踏まえて適宜に修正を加え、管理実態に適合した実効性のある水管理システムを構築していきたい。

本地区の水管理設備の整備は、今後も地域のICT等の動向に留意しつつ、用水の合理的配分、水需要に応じた適正な水管理操作、地域資源の有効利用ならびに災害防止機能の強化・高度化の実現に向け、施設管理者（地元）と協働のもとに進めていきたい。