

樋門操作支援システム開発に向けた 課題抽出について

—文献調査と河川事務所ヒアリング結果の分析から—

国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 寒地河川チーム ○神原 柚乃
寒地河川チーム 阿部 孝章
寒地機械技術チーム 永長 哲也

近年の異常気象や樋門観測員の高齢化により、樋門操作の省力化・効率化が求められている。そこで、今年度より寒地土木研究所において、樋門観測員の現場操作の省力化を目的とした樋門操作支援システムの研究開発に着手した。はじめにシステム開発の方針を定めるために文献レビュー調査を行い、次に地域事情の把握や現場課題の抽出のために、北海道開発局管内の河川事務所へヒアリングを行った。その結果、簡易な計測装置による樋門地点流況や開閉状況の遠隔監視と、連絡・報告網の一本化によって省力化・効率化が図られると分かった。

キーワード：樋門操作、危機管理、ヒアリング

1. はじめに

近年、気候変動等の影響により集中豪雨が増加し、多数の洪水被害が発生している。被害の防止軽減のために河川管理者が様々なハード対策やソフト対策を実施する中で、特に内水氾濫の防止策の一つとして、ミスの無い確実な樋門の操作が求められている。

一般に、樋門操作は地先の委託観測員が河川管理者から電話連絡を受けて出勤し、内外水位や流向を現地確認した上で操作を行っている。しかし、写真-1のように、夜間の操作となる場合や、豪雨時に堤防法面の足場が悪くなっている状態で堤内と堤外を行き来する場合、内外水位を確認する作業は観測員にとって大きな負担となる場合がある。

さらに、近年では全国的に観測員の高齢化や後継者不足の課題が顕在化している。特に北海道の農村部においては、全国に先立って過疎化・高齢化が急速に進行して

おり、今後現状の管理体制の維持が難しくなることが想定される。

このような現状を受け、令和4年7月に国土交通省社会資本整備審議会において「河川機械整備のあり方について」¹⁾が答申された。答申においては、今後の気候変動に対応した施設設計や、担い手不足に対応した遠隔化・自動化・集中管理への移行などが提言にまとめられた。しかし、樋門の遠隔自動操作化やフラップゲート化には多額の費用を要するため、全ての樋門（開発局管内で約1,400箇所）への整備には長期間を要するのが実情である。

こうした課題の解決に向けて、河川管理者が主体となり取り組んだ既往検討がいくつか存在する。詳細については後述するが、高野ら²⁾による河川管理の実務者の利用を想定した効率的な樋門操作支援ツール、神ら³⁾による画像解析手法を用いた量水標の水位自動検知事例などがある。しかしながら、岩瀬ら⁴⁾の報告にあるように、実際の出水時に暴風雨や夜間の条件下で操作することには依然として一定の課題が存在するのが現状である。

こうした背景を踏まえ、寒地土木研究所では、樋門観測員の現場操作の省力化を目的とした樋門操作支援システムの研究開発に今年度から着手した。第一段階として少子高齢化時代の樋門操作を効率的かつ的確に実施するシステム開発の方針を定めるため、電気通信等の他分野も含めた文献のレビュー調査を行った。さらに、北海道開発局管内の地域事情に即したシステム開発とするため、管内の複数事務所にヒアリング調査を実施した。本稿はこれらの内容について論じるものである。

なお、現在北海道開発局では、河川管理者の樋門操作



写真-1 夜間の樋門現場状況の例

表-1 ヒアリング調査概要

対象者	河川事務所の樋門管理担当職員・維持担当職員
調査内容	樋門操作の実態と課題、その他ご意見の聞き取り
実施時期	2022年9～11月
調査方法	事務所内で対面にて聞き取り調査 (1事務所はWeb会議による実施)
質問者	寒地土木研究所の河川系・機械系職員
同席者	北海道開発局本局建設部河川管理課の河川系職員

支援を図る目的である樋門地点の水位予測・水位把握簡易ツール及び樋門モニタリングシステムを試行運用中であり、新河川防災掲示板への情報集約・一元化を進めている。寒地土木研究所で開発するシステムはこれら局内の既存システムと連携を行い、樋門操作現場での作業効率化と、河川管理者・樋門観測員双方にとって省力化・効率化を図ることができるような情報を補完すべく開発中である。

2. 手法

(1) 文献レビュー調査

樋門操作支援システム開発の方針を定めるため、文献レビュー調査を実施した。調査対象は国内外の学会関係の学術論文・講演概要集等、北海道開発技術研究発表会や他地整の発表会資料、各省庁等のHP等である。その中から本稿では、類似分野の先行研究、水理・流況計測、情報通信技術の3つの観点で整理した結果を報告する。

(2) 河川事務所ヒアリング調査

開発局管内で少子高齢化などの課題に直面する現場における樋門操作の実態を把握し、各地域・各河川における樋門操作に関する課題や意見を抽出するため、管内の5か所の河川事務所においてヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査の概要は表-1、本稿で設定したヒアリング項目は図-1の通りである。ヒアリング項目は、樋門操作時の実作業内容と河川管理者との情報のやり取りがどのようなプロセスで行われるか、省力化や効率化の余地があるかの観点から設定した。

3. 結果及び考察

(1) 文献レビュー調査

a) 類似分野の先行研究

樋門操作支援に関するヒアリング項目
<p>■樋門操作員の観点</p> <p>①樋門現場に出勤、退去に必要な情報と判断基準 ・誰かからの指示、何かのデータの確認か。</p> <p>②樋門現場での作業内容(昼夜の別)と報告義務 ・水位の確認、開閉時の人の接近、流水等樋門開閉への障害物など。 ・どんな情報をどんなタイミングで誰に、どんな手段で伝えているか。</p> <p>③樋門開閉操作に必要な情報と判断基準 ・水位(量水標?)、流向(見た目?)、その他</p> <p>④避難に必要な情報と判断基準 ・水位、その他 ・誰かからの指示又は自己判断</p> <p>⑤物理的な位置関係等 ・担当樋門数 ・操作人の家と樋門現場までの距離(最短・最長)、移動手段(徒歩、自動車) ・家及び樋門現場と自治体担当者又は河川事務所までの距離(最短・最長)</p> <p>⑥樋門操作に係る連絡手段 ・固定電話・個人携帯・個人スマホ(音声又はパケット通信)、無線通信</p> <p>⑦樋門現場作業環境 ・樋門操作室の有無(有無の比率)、夜間照明の有無、電源確保の可否(ソーラー、商用の別)</p> <p>⑧樋門操作の実績 ・最も早い及び遅い時期の樋門操作実績日</p> <p>⑨操作員がご高齢の場合 ・電子機器の操作スキル、習得時間、慣れ</p> <p>⑩技術伝承・担い手確保 ・樋門地点固有の水文・流出特性</p> <p>⑪ヒヤリハット経験談 ・連絡可否・出勤可否・現場での実作業時(怪我等)</p> <p>【将来展望】 ※どんな情報をどんなタイミングでどんな手段、形であれば支援となるか ・現状の変更や新たな機能追加、方法などのアイデア(メリットの大きい順に優先順位付)</p>
<p>■自治体・開発局(本部、河川事務所(維持担当・管理担当))の観点</p> <p>①樋門操作に必要な情報収集・発信作業 ・樋門操作員からどんな情報をどのタイミングでどんな手段での報告を求めているか。 ・樋門操作員以外に独自に収集(水位、樋門開閉ログ情報等)している情報はるか。ある場合はどんな情報を誰にどのタイミングでどんな手段で発信しているか。 ・樋門操作に関し、誰にどんな情報をどのタイミングでどんな手段で報告しているか。 ・管理責任・管理瑕疵</p> <p>②樋門操作に必要な観測機器類、情報伝達機器類の運用 ・どの機器を誰が調達、維持管理、予算要求(導入コスト) ・1樋門当たりの年間の予算規模(新規・更新/維持管理) ・情報伝達機器で操作員に対し支給のケースはあるか(個人負担が大半と聞いている)</p> <p>【将来展望】 ※樋門操作の負担軽減や省力化、効率化に向けての新たなシステム開発 ・現状システムの開発アイデアについて伺いたい。 (コスト削減、機能アップ、耐久性・信頼性・耐寒性、利便性、取扱性、メンテナンスフリー) (コスト削減: 調達費、維持管理費、通信費など) (機能アップ: 樋門操作の開閉ログ情報 単に開閉でよいのか、途中段階が必要か) (耐久性・信頼性・耐寒性: 故障、トラブルが多い、電源不足、寒さ・通信障害)</p>

図-1 ヒアリング項目

樋門操作から対象範囲を拡大し、他分野も含めた実務上の省力化・効率化に資する遠隔監視や情報共有の観点から、先行研究や技術開発の事例を以下に示す。

高野ら²⁾は、河川管理者の負担軽減を目的に、確実に樋門観測員の出勤連絡を実施するためのツールを開発した。このツールは、出勤判断に必要な水位や雨量等のデータを自動で集約させる機能や、警戒水位に達するとアラーム音でプッシュ通知する機能で構成されている。また、作業内容を記録し出水後の作業の省力化を図った。

農研機構東北農業研究センター³⁾では、簡便なIoT機器を用いてハウス内の温度等をスマートフォンで遠隔監視するシステムの製作方法をマニュアルにまとめた。システムは、通信機能付きのマイコンと計測センサを接続して、WebAPIを利用して計測データを無料メッセージアプリに送信する構成である。また、使用する部品を一般向けの通販サイト等で入手しやすいものとする事で、利用者自身でのセルフメンテナンスができるよう工夫している。

不破⁹⁾は、長野県塩尻市に市内全域をカバーする600台以上の中継機からなるセンサネットワークの中継網を構築した。また、この中継網をプラットフォームとして活用し、児童及び高齢者の地域見守りシステムや、河川水位監視システム、土砂災害警報システム、野生鳥獣センシングシステム等を運用してICTを活用した安全・安心な地域づくりを進めた。

上記に挙げた文献の他にも既往検討が多数存在するが、河川分野においては、全体的に河川管理者視点のものが多く、一方、観測員をはじめとした地先の実業者視点のものは少なく、現場の観測員の負担軽減のため既存技術として直ちに活用することは難しいことが分かった。そのため、本研究においては特に観測員の負担軽減に主眼をおいてシステム開発に取り組むべきであると考えられた。さらに、北村⁷⁾は、マーケティングの考え方を参考にしてICT自動給水栓普及加速化を検討した。普及加速のためには、費用対効果にとどまらず、他地域にも影響力が大きく、将来を見据えているリーダーがいる地域で先行実施するなど、初期導入場所の選定が大切であると示した。

b) 水理・流況計測

樋門操作支援にあたり、操作判断の基準となる水位・流向等の計測は不可欠である。

水位計測においては、従来の量水標を目視で観測する方法に加え、近年危機管理型水位計をはじめとした小型で低コストな洪水時観測特化型の水位計の普及が進んでおり、河川管理の現場でも一定の認知度がある。危機管理型水位計に関するポータルサイト⁸⁾では、機器の仕様や参加企業の一覧等が確認できる。また、その他の方法として、カメラ画像を解析する方法も多く用いられている。神ら³⁾は、頻発する局所集中豪雨対策として、汎用品のドームカメラで量水標を撮影した画像を解析し、水位自動検知システムを構築した。フィールド試験の結果、悪天候時においても水位検知が可能であったが、障害物による視認障害や量水標の汚れ等によって問題が生じたこと報告している。また、三宅ら¹⁾は、物体検出モデルによる赤外画像解析手法の現地試験を実施し、水位計測において課題となる夜間の計測精度が日中の計測精度を上回る結果を出した。

流向判定においては、流向計や流速計（流向判定機能付き）を設置する場合と、カメラ画像から画像解析を行う場合などがある。藤田ら¹⁰⁾は、STIV法の開発・改良を重ね、波数周波数フィルタを開発することでノイズの殆どない時空間画像STI（Space Time Image）を生成し、従来のSTIV法で課題であった悪天候時の不安定さを改善した。八木ら¹¹⁾は、コンピュータービジョン（CV）の分野で進展してきたオプティカルフロー法を開水路乱流場の計測に適用した。オプティカルフローとは、動画中の物体の動きを検出して速度ベクトルを表示する方法であ

る。Seth A.ら¹²⁾は、IR-QIV法と呼ばれる新たな赤外定量的画像流速測定法を開発した。この手法は水面の微妙な熱パターンを追跡することで瞬間の流向や流速を測定するもので新規性がある。夜間や複雑な乱流場での計測も可能であるため、出水時の樋門現場にも有効な手法であると考えられるが、河川管理上の実務レベルで活用する段階には至っていない。

c) 情報通信技術

樋門操作支援においては、水理量の適確な把握の他に、観測水位や流況画像などのデータを河川管理者や樋門操作者等の受け手まで確実に送信するための通信手段の選定が必要である。

総務省は平成29年版情報通信白書¹³⁾において、各通信方式の位置付けを整理した。白書の中では、短距離かつ低性能な場合はBluetooth、短距離かつ高性能な場合はWi-Fi、長距離かつ低性能な場合はLPWA、長距離かつ高性能な場合は携帯回線などが適していると示された。さらに、同省によるスマート農業のための無線システム活用ハンドブック¹⁴⁾においては、各無線システムの特徴やシステム導入の際に必要な手続等が紹介されている。

ここで、LPWAとはLow power wide areaの略であり、IoTデバイスとサーバー・クラウドをつなぐ無線通信技術である。長所は低消費電力、長距離通信、低コストな点であり、短所は携帯電話回線等と比べると低速である点などである。無線局免許を必要としないアンライセンスバンドの種類も多くあり、特に、近年Sigfox（フランスのSIGFOX社により開発。920MHz帯を利用し、通信速度は低速、規格上の最大通信距離は約50km）やLoraWAN（Semtech/IBM社が中心となって仕様化したオープンな通信方式。920MHz帯を利用し、通信速度は低速、最大通信距離は約10km）などの普及が進んでいる¹⁵⁾。今ら¹⁶⁾は、電波不感地域の中山間地において雨量、水位、タイムラプス画像等を観測し、LPWA通信を利用して情報伝達を行うシステムを構築した。現地試験の結果、約4kmの距離の電波不感地域に観測環境を確立することができたと報告している。

また、野外での通信においては、電源の確保も大きな課題である。亀阪ら¹⁷⁾は、害獣捕獲のための遠隔監視システムの開発にあたり、消費電力の異なる2つのマイコンを併用し起動制御をすることで、より消費電力を抑え、鉛蓄電池と太陽電池で駆動する害獣捕獲システムを開発した。

さらに、データの共有に関しては、近年各分野で導入が進んでいるクラウドサービスの活用も挙げられる。総務省は自治体デジタル・トランスフォーメーション（DX）推進計画【第2.0版】¹⁸⁾において、自治体が行う行政サービスの業務効率化やデータ連携を図る目的として、従来の個別構築型のシステムからガバメントクラウド利用への転換など、デジタル・トランスフォーメーシ

ョン（DX）を推進している。例えば、札幌市^{19,20}では国内の自治体で初めて、庁内の複数の業務システムで構成する「全庁共通システム」をハイブリッドクラウド環境に統合した。ハイブリッドクラウド環境の構築により、運用コストを4割削減し、高度な行政サービスの維持につながる安定的なシステム環境を実現した。

以上のような情報通信技術は少しずつではあるが河川管理の現場で取り入れられてきており、開発競争の激しい分野であるため今後もこの傾向は加速していくであろう。本システム開発においても、その時点で最も合理的な通信技術・規格を採用することが求められる。

(2) ヒアリング調査結果

次ページの表-2に、各事務所におけるヒアリング調査結果を示す。今回の調査では、事務所職員担当部分と、樋門観測員担当部分に分けて、各質問項目に対し各観点から聞き取りを行い、結果を整理した。

a) 事務所職員担当部分の意見

事前準備の面においては、観測員不在時の複数回に及ぶ電話連絡や直営対応が負担となっている。

情報共有の面においては、本部や本局への電話連絡や様式の送受信など複数の連絡手段が混在しており、システム上で一本化してほしいとの意見があった。

管理の面においては、樋門操作の補助を民間業者に委託し、円滑な運用が進んでいる箇所もあるが、地域によっては技術者の人手不足によりこれ以上委託樋門数を増やすことは難しいという意見もあった。

遠隔化・自動化の面においては、維持管理も想定しつつ、堆砂や流木など樋門地点の流出特性を考慮したうえで、導入箇所の選定が重要であるという意見があった。

またその他に、北海道開発局にて試行運用中の樋門モニタリングシステムと寒地土木研究所にて開発予定のシステムを連携させ、一本化してほしいという声が多かったため、開発局のシステムを補完し河川管理の確実性を向上するシステム開発のニーズが明らかになった。

b) 樋門観測員担当部分の意見

出動退避の面では、事務所からの電話連絡を受けるといった点は共通していた。また、有事の際には観測員の避難に関していっそうシビアな対応が求められていることが再確認され、各事務所において確実な対応のため様々な工夫がなされていることが確認された。

現場作業の面では、観測員が樋門地点の流出特性を踏まえ事前準備を実施し、事務所側においても管理者として各河川流域固有の流出特性を勘案しつつ樋門操作を行っていることが分かった。また、樋門現場は足元が悪く、さらに夜間は真っ暗であることから適切な装備（ヘッドライト等）なしでは危険な作業であるという点は共通していた。

情報共有の面では、開発予定のシステムで計測した水位等を自宅等にて確認できると省力化を図ることができるといった意見があった。

c) ヒアリングのまとめと考察

ヒアリングを通して、樋門操作の実態把握、事務所間での運用方法の共通点・相違点が整理できた。その中で、以下の点が共通した改善すべき点であると考えられる。

○樋門現場の内外水位把握

現在、樋門地点の水位は基準観測所の水位から換算して予測されていることが多いが、各樋門の局所的な水位を予測することは難しい現状である。また、夜間や悪天候下での水位観測は観測員にとって負担が大きい可能性がある。そのため、樋門地点の内外水位を遠隔監視できると、観測員の安全確保や省力化が図られる。

○事務所担当職員と観測員間の電話連絡

出水対応で多忙な中、担当職員が大勢の観測員と連絡をとることや、組織間で同じ情報を口頭で繰り返しやり取りすることは負担が大きい。また、休日や夜間にも出水対応の可能性はあるため、日時によらず統一された手順によりシステム上で一元的に情報を把握できると効率化が図られる。

○利用者のIT知識に依存しないシステム開発

観測員はご高齢の方が多く、電子機器の操作に不慣れな方も多い。そのため、IT知識の有無に関わらず全ての方が使いやすいインターフェイスをつくるのが、技術普及に繋がると考えられる。また、各事務所において年1回実施されている観測員会議の際に、使用法等を説明して普及を図ることが大切だという意見が多く挙がった。

○連絡・報告方法の一本化

現在、樋門操作の報告方法は樋門モニタリングシステムや防災掲示版、事務所独自の様式など複数の方法が存在している。そのため、寒地土木研究所において開発予定のシステムと従来の方法を連携させ、一本化した連絡・報告方法にすることで大幅な効率化が図られると考えられる。

4. システム開発の展望

以上の検討から、本システムに求められる機能は①樋門現場の水力・流況計測（水位、流向、開閉状況等）、②情報通信技術を活用した樋門状況の適確な把握と情報一元化、の大きく2つに分けられると考えられる。

①樋門現場の水力・流況計測、に関しては、文献調査等から収集した情報を基に機器選定を行い、それを踏まえなるべく低コストかつ出水対応時に河川管理者から求められる計測精度や間隔を満たした仕様としていく予定である。②情報通信技術を活用した樋門状況の適確な把握

表-2 ヒアリング調査結果

分類	質問項目	共通	A事務所	B事務所	C事務所	D事務所	E事務所	
事務所職員担当部分	事前準備	水位予測	・基準観測所の水位値（本部発表）、又は樋門地点水位換算値（事務所が独自に算出）を基に予測・判断	・予測結果の一覧表を紙で打ち出して事務所職員間で共有する		・河口近くは潮位データも参考にしている	・局の樋門地点の水位予測・水位把握簡易ツールも参考にしている	
		事前連絡	・操作が規定される際は観測員に電話連絡する	・連絡や都合がつかない箇所は直営による操作あるいは災害協定業者に協力を依頼する	・電話はつながるまで何回もかける		・事前に役務受注者が観測員に電話連絡し、所在確認をしている ・観測員の職業によっては、日中は連絡がつかづらい	
	情報共有	報告		・観測員から操作報告があり次第、防災掲示板に掲載 ・事務所から直轄樋門の操作状況を自治体に連絡	・自治体から排水機稼働の連絡が入った際に、直轄樋門の閉鎖状況を伝える	・本部へは定時報告している ・業者委託樋門は樋門モニタリングシステム、観測員委託樋門はExcel様式にまとめ防災掲示板を通して報告	・出水時に委託巡視員が逆流を確認した場合、観測員に電話連絡し、所在確認をしている	・遠隔操作樋門、一部のフラップゲートの開閉状況は事務所内の遠隔操作室にて確認できる
		機器運用 予算要求		・樋門の予算要求(新規・更新・維持管理)は本部治水課		・予算要求は事務所計画課担当	・予算要求は事務所及び本部治水課で対応、維持管理は本部公物管理課、観測員手当支払は事務所が担当	・遠隔操作樋門においてサーバー等の故障により多額の修理費用が発生
		業者委託		・一部の直営樋門の操作補助を依頼することがあるが、現場到着までに1、2時間要することもある		・30樋門程度を業者委託しており、委託業者とは1時間以内に到着する契約 ・業者委託樋門の操作指示は事務所職員が行う		
	管理	遠隔化 自動化		・樋門開閉方式の選定フローでは、ほぼ全ての樋門に対し自動開閉ゲートが適用可能となっている。このフローを単純に適用した場合には、流木や堆砂の多い場所にも設置される懸念がある		・フラップゲートは流木・堆砂が発生しない箇所のみ選定しているため、塵芥による閉塞は基本生じない		・遠隔操作樋門、一部の操作室付きフラップゲートの開閉状況は、事務所内の監視装置から確認できる。操作室がないフラップゲートは現場で観測員が目視確認する ・津波遡上区間の樋門は全て遠隔・自動化が完了
		意見	システム要領	・管内の水位・開閉状況を地図上で一元的に把握したい ・高齢の方が多く、システム導入への配慮が必要 ・観測員自宅で樋門地点の内外水位を確認したい	・気象・水位がリアルタイムで配信される音貸デバイスがほしい ・アナログ機能を一部残すなど、システム故障の際のバックアップ体制が必要 ・観測員が入力する場合に事務所への通知機能がほしい ・自治体からも操作状況一覧を確認できるとよい	・導入コストだけでなく、維持コストも考慮して作ってほしい ・点検報告、排水機稼働の報告と一本化したい	・操作記録と観測員手当支払情報を連動させてほしい	・高精度が期待できる場合、プッシュ通知機能がほしい ・システムの開発にあたっては今後、気候変動等を考慮して、樋門の過年操作を想定すべきではないか
	樋門観測員担当部分	出勤待避	出勤待避 判断基準	・操作が想定される際に事務所職員から電話連絡を受ける			・操作実績の多い一部樋門には水位遠隔監視装置があり、自宅にて樋門地点水位を確認できる	
			避難 判断基準	・操作要領上の基準に達した場合は事務所から避難指示	基準に達しない場合でも、観測員が危険と判断すれば避難			・避難水位に達するまでは観測業務を続行する必要がある ・津波注意報の際は出勤し機検操作、警報の際は迅速し遠隔操作
		現場作業	樋門操作 判断基準	・操作要領に従う。観測員の目視（内外水位・流向）と経験に基づく	・事務所から指示したことは殆どない	・近隣排水機稼働の稼働状況も加味する		・現地に詳しい観測員の場合は、出水が想定される場合に前もって準備する場合もある
作業環境 ヒヤリハット			・移動手段は大半が自家用車 ・観測員自宅から樋門地点への距離は自宅そば〜数km ・7〜9割の樋門に操作室（照明付き）がある ・量水標付近は暗いため懐中電灯を貸与、照明がほしい ・電源はソーラーが中心	・既設のCCTVカメラは画質が低く量水標の値は読み取りにくい		・堆砂が問題となる箇所もある ・遠方監視装置や水位遠隔監視装置が設置されている樋門もある	・外灯が殆どなく、夜間は真っ暗なため、出勤・操作の負担が大きい ・樋門周辺には生雑草（イタドリ等）が繁茂 ・冬季は樋門地点への移動に時間がかかる場合がある	・クマとの遭遇が心配だという声がある
樋門操作時期			・3月〜11月が中心			・冬季にも操作実績がある（市街地と潮汐の影響を受ける下流部）	・3月にアイスジャムによる操作実績あり	
情報共有	定期点検	・観測員が月1、2回実施。年1回は職員が立ち会う				・古いキャプテラーを用いたエンジンは秋口に気温低下の影響で詰まりやすい	・地震により多数の量水標の設置高さがずれたため、一斉点検を行い補正した	
	報告	・操作時又は操作後帰宅時に事務所へ連絡 ・紙面報告書の提出は後日 ・休日夜間は委託業者に連絡 ・連絡手段は個人携帯・スマホが多い（音声通話またはSMS）一部固定電話、FAX		・警戒体制に入ると操作前点検をし、不具合がある場合は即時報告 ・操作状況確認のため事務所から確認の電話を入れることもある			・警戒体制下での樋門地点水位の定時報告と、操作前の確認連絡をお願いしている	
操作技術	狙い手確保 地域特性	・高齢の方の退任が増えてきている ・地域特性の継承が必要	・後継者が少なく、見つかるまで直営化している状況 ・流域特性上、今までに全開する機会がない樋門がある ・樋門を閉鎖する代わりに農家用排水機稼働で排水する箇所もある ・高齢の観測員が多く、樋門操作の力仕事が大変な負担	・地域ぐるみで後継者を探してくれる	・水防団や農協の協力により後継者を見つけている ・上下流や潮汐の関係による明確な地域特性がある ・担当職員異動時に、樋門特性の情報も引継ぐ	・近年操作実績のない樋門も多い ・上下流で水位変動に緩急の差がある。また、管内は晴天でも上流部の降雨により操作が必要な場合がある ・担当職員異動時に、樋門特性の情報も引継ぐ ・冬季は吹雪によりカメラ画像の視認が難しい	・役場や土地改良区の協力により後継者を見つけている ・内外水位標以外の独自指標（堀周辺の水路内水位、浸水状況等）も参考としている観測員も多いと考えられる	

握と情報一元化、に関しては、①で計測したデータを事務所や観測員自宅に送信する仕様と、システム上で計測した水位等を自動入力し、さらに観測員が操作状況を入力して、入力情報をモニタリングシステムや新河川防災掲示板に自動反映させる仕様を想定している。その中においても操作者の技能になるべく依存しない、使いやすいインターフェイスを設計することが重要と考えられる。

なお、現在世界情勢の不安定に起因して、小型PCボード等を構成する半導体部品の供給不足や価格の高騰が発生していることに留意する必要がある。本研究のシステムでは汎用部品を積極的に活用し安価なシステムとすることを想定しているが、汎用部品においても事前に代替機種候補を検討しておくなど、冗長性を考慮した設計とすることが有効と考えられる。

また、現状では検討段階であるが、現場の観測員向けには寒地土木研究所が開発するような低コストで簡易なシステムを多地点で設置し、内外水位の把握、情報集約・一元化を図りつつ、比較的重要度の高い箇所については、実績があり精度確保されたシステムを設置して河川管理者向けの確実な情報を提供するシステムの整備を進めるなど、現地状況に応じてシステムの機能を選択可能にすることにより、相補的に普及促進と水位把握の精度担保の両立が可能となるであろう。

さらに、現在寒地土木研究所で進めているシステムの詳細設計に並行して現地試験や使用感調査等を実施することにより、意見交換や機能検証に基づく設計や改良を重ね、実務レベルで使いやすいものとなるよう、開発を進める予定である。

5. まとめ

本稿においては、樋門操作支援システムの開発に向けて、ICT、IoT等の最新技術の実務的な観点での活用事例や、各地域で樋門操作に係り抱える課題を抽出するために文献レビュー調査と河川事務所ヒアリングを実施し、システムに求める仕様や地域特性を把握することができた。本稿執筆時点ではシステムの詳細設計を進めている段階であるが、今後、システムの試作や現地試験を行い、樋門観測員の負担軽減を図るべく開発を進め、時代のニーズに即した、確実な樋門操作のためのシステムとしていく予定である。

謝辞：本研究は北海道開発局本局建設部河川管理課と連携して実施し、貴重なご助言並びにご協力をいただきました。また、本ヒアリング調査は、北海道開発局管内の河川事務所の方々のご協力により実施することができました。ここに記して感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 社会資本整備審議会：河川機械整備のあり方について（答申），2022
- 2) 高野瑞己，山下健作，新原輝，竹村仁志，片岡輝之，佐野孝行，小島亨，塩谷篤史：天神川における樋門操作支援ツールを活用した河川管理者の負担軽減に向けた取組，河川技術論文集，第27巻，pp.569-574，2021
- 3) 神賢治，佐々木猛，横山敬一：天塩川砺波樋門における局所集中豪雨対策自動制御について，北海道開発技術研究発表会，2016
- 4) 岩瀬秀一，熊谷凌：台風19号における南陽出張所の対応について，東北地方整備局管内業務発表会，2020

- 5) 農研機構東北農業研究センター：安価かつ簡便にハウスの遠隔監視に使えるIoT機器「通い農業支援システム」製作マニュアル，2021
- 6) 不破泰：自治体と創る安全・安心な生活を支えるセンサネットワークの構築技術，IEICE FUNDAMENTALS REVIEW，Vol.11，No.4，pp.235-242，2018
- 7) 北村浩二；ICT自動給水栓の普及加速化のためのマーケティング，農業土木学会誌，Vol.89，No.9，pp.679-682，2021
- 8) 一般財団法人河川情報センター，“危機管理型水位計に関するポータルサイト”，2021，<http://www.river.or.jp/riverwaterlevels/>（参照日：2022.12.19）
- 9) 三宅壮太，石塚正秀，山本高広，玉置哲也，松岡聡，一見和彦：YOLOv5を用いた赤外面像の解析による水位計測システムの開発，AI・データサイエンス論文集，Vol.3，No.2，2022
- 10) 藤田一郎，柴野達至，谷昂二郎：悪条件で撮影されたビデオ画像に対するSTIV解析の高性能化，土木学会論文集B1（水工学），Vol.74，No.5，pp.I.619-I.624，2018
- 11) 八木潤平，藤田一郎，谷昂二郎，東川真也：水面の大変形を伴う開水路乱流計測に対するオプティカルフロー法の適用，土木学会論文集B1（水工学），Vol.75，No.2，pp.I.661-I.666，2019
- 12) Seth A. Schweitzer，Edwin A. Cowen：Instantaneous River-Wide Water Surface Velocity Field Measurements at Centimeter Scales Using Infrared Quantitative Image Velocimetry，Water Resources Research，Vol.57，No.8，e2020WR029279，2021
- 13) 総務省：平成29年版情報通信白書，2017
- 14) 総務省：スマート農業のための無線システム活用ハンドブック，2022
- 15) 株式会社バディネット：LPWAの規格一覧と比較表，2020，<https://www.buddynet.jp/column/lpwa-list>，（参照日：2022.12.22）
- 16) 今日出人，久加朋子，橋場雅弘，土田宏一，西山典志，瀧川憲，杉山拓大，清水康行：電波不感地域における雨量・水位・氾濫情報提供システム開発とハビウ川における検証の試み，土木学会論文集B1（水工学），Vol.76，No.2，pp.I.415-I.420，2020
- 17) 亀阪亮紀，星野孝総：農作物の獣被害防止システムの試作と検討，ファジィシステムシンポジウム，2018
- 18) 総務省：自治体デジタル・トランスフォーメーション（DX）推進計画【第2.0版】，2022
- 19) Nutanix Japan 合同会社，“札幌市、Nutanix Cloud Clusters on AWSを採用した、日本の自治体で初めてのハイブリッドクラウド環境を構築”，2022，<http://www.nutanix.com/jp/press-releases/2022/sapporo-city-selects-nutanix-cloud-clusters-on-aws>，（参照日：2022.12.21）
- 20) 札幌市がハイブリッドクラウド、「全庁共通システム」を移行し運用コスト4割減に，日経XTECH，2022.09.27，<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00678/090600085/>，（参照日：2022.12.21）