

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

DEVELOPMENT OF A "SLUICE GATE OPERATION SUPPORT TOOL"
FOR RIVER MANAGERS IN THE TENJIN RIVER

高野瑞己¹・山下健作¹・新原輝¹・竹村仁志¹・片岡輝之¹
佐野孝行²・小島亨²・塩谷篤史²

Mizuki TAKANO, Kensaku YAMASHITA, Hikaru NIIHARA, Hitoshi TAKEMURA, Teruyuki KATAOKA,
Takayuki SANNO, Toru KOJIMA and Atsushi SHIOTANI

¹八千代エンジニアリング株式会社 大阪支店 河川・水工部 (〒540-0001大阪市中央区城見1-4-70)

²国土交通省 中国地方整備局 倉吉河川国道事務所 (〒682-0018 鳥取県倉吉市福庭町1-18)

In the current basic sluice gate operation method, the operator controls the gates from the machine side while the river manager communicates and determines the dispatch of the operator. Recently, the frequency of torrential rains has increased and the river water level has risen sharply. In this case, it is necessary for river managers to always ensure that they make decisions and notify the operators early. In this technical report, the development of a sluice gate operation support tool (Excel version) for assisting river managers in promptly contacting the local government (operator), the improvements made based on user opinions, and the verification of its usefulness are presented.

Key words : *Sluice Gate Operation, Instructions to Sluice Gate Operators, Elimination of Human Error, Excel Tool*

1. まえがき

近年, 全国的に記録的な大雨や短時間強雨が多発し, 県管理河川のみならず国管理河川においても, 毎年のように施設能力を上回る洪水による甚大な豪雨災害が発生している。

国土交通省では2015年9月関東・東北豪雨を踏まえて, 施設では防ぎきれない大洪水は発生するものとの考えに立ち, 社会全体でこれに備えるため, ハード・ソフト対策が一体となった「水防災意識社会再構築ビジョン」の取り組みを進めてきた。加えて, 2016年8月の台風10号等の一連の台風による災害を受けて, 「水防災意識社会」の再構築に向けた取組を更に加速させるため, 2021年度までの概ね5年で取り組むべき項目について, 国土交通省として緊急行動計画¹⁾を取りまとめた。

緊急行動計画で実施する施策には樋門操作に係る内容も挙げられており, 「樋門・樋管ゲート形式検討の手引き(案)」²⁾等に基づく樋門や水門等の無動力化(フラップゲート化)・遠隔操作化等の推進検討や, 確実な樋門・樋管等施設の運用体制確保のために, 市町村以外で操作委託が可能な団体についての検討が行われている。

ただし, 樋門等の遠隔操作化には, 設備コストや操作の確実性・安全性などの課題もあり, 現状では機側操作を主たる操作方法と定めている樋門等が多い。

樋門等は, 堤防と同様の外水防御機能や内水排除機能を有しているため, 洪水時における確実な操作が求められており, 一般的な機側操作手順は, まず基準水位観測所における樋門等の警戒体制水位を基にして事務所職員(河川管理者)が観測所の現時刻水位を確認し, 警戒体制水位到達時に自治体や操作員に出動の連絡を行う。その後, 樋門等に到着した操作員が機側操作を行うものである。しかし, 樋門等の機側操作では, 事務所職員と操作員の情報共有不足等のために, 適切なゲート開閉操作を実施できず, 浸水被害が発生した事例³⁾も存在する。

当事例も踏まえ, 樋門等の機側操作の課題は, 一般的に「労力の不足」と「操作の不確実性」の大きく2種類に分類できる。

【労力の不足】

- ・事務所及び出張所の職員不足(担当者が一人で自治体や操作員への連絡対応を実施)
- ・事務所職員は樋門操作以外の複数業務を同時に担当
- ・操作員の高齢化及びサラリーマン化(樋門等に出勤し

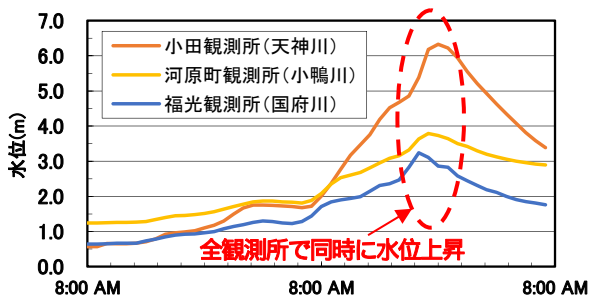


図-1 3河川同時に水位上昇したケース (平成30年台風24号)

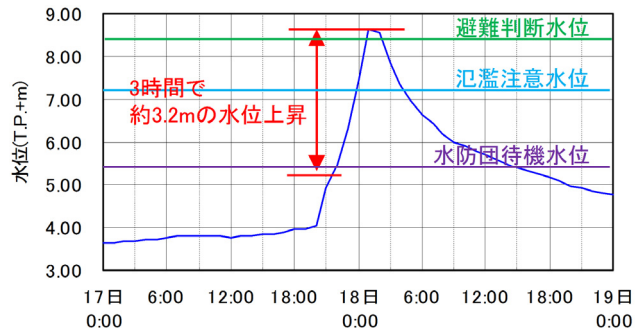


図-2 急激に水位上昇したケース (平成10年台風10号 小田観測所)

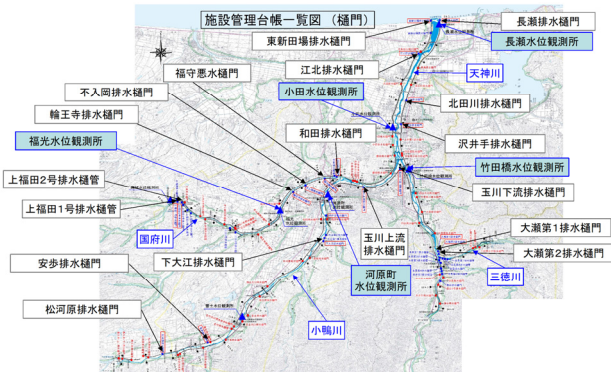


図-3 倉吉河川国道事務所管内 樋門・樋管位置図

やすい勤務形態が比較的に多いのは、雇用者ではなく自営業者であるが、近年の日本は就業者に占める雇用者の割合が増加しており、自営業者は減少している状況にある⁴⁾による、将来的な後継者(成り手)不足・集中豪雨発生頻度の増加により、出勤・操作頻度が増加し事務所職員・操作員の負担大

【操作の不確実性】

- ・事務所職員の異動等により、経験の少ない職員が操作員へ指示をする際のヒューマンエラー
- ・内水氾濫等による移動時の不測の事態による操作遅れ
- ・ゲート操作の熟練度不足等によるヒューマンエラー
- ・津波遡上区間における機側操作が間に合わないおそれ
- ・超過洪水時の操作員退避後に、迅速な操作ができないおそれ

このように現行の機側操作には、事務所職員・自治体(操作員)のそれぞれの立場で課題がある。

これら課題に対し、他事務所でも事務所職員の樋門操作のための出勤連絡(以下、「出勤連絡」という。)における対応の省力化・効率化を図るために、情報共有のためのツール作成が行われた事例⁵⁾がある。当事例では、出水時の情報錯綜による出勤連絡ミスや、情報共有の遅れといった課題に対して、Excelを活用して連絡に必要な情報を一元化・見える化した情報一覧表ツールの作成が報告されている。

一方、天神川水系は急流河川のために、全河川で同時かつ短時間で水位上昇する特徴があり、複数の樋門等で

同時多発的に警戒体制水位に到達することを考慮した対応が必要であった。

この天神川水系での課題も踏まえ、本報告では、自治体・操作員に対し、確実に出勤連絡をしなければならない事務所職員への支援を目的として、樋門操作支援ツール(以下、「支援ツール」という。)を作成した。

具体的検討内容として、天神川水系における出勤連絡の現状把握、出勤連絡の課題抽出、樋門操作支援ツールの作成、支援ツール試行による利用者意見を踏まえた改良、支援ツールの成果評価を行った結果を発表する。

2. 天神川水系における出勤連絡の現状把握

天神川水系は鳥取県東伯郡三朝町の津黒山を水源とし、福本川、加谷川、三徳川の支流を合わせて北流し、倉吉市に置いて小鴨川と合流して、北栄町、湯梨浜町にて日本海に注ぐ、幹川流路延長32km、流域面積490km²の一级河川である⁶⁾。

倉吉河川国道事務所では、天神川とその支流の小鴨川、国府川、三徳川を管理し、樋門等を監視する基準水位観測所として、天神川の長瀬観測所、小田観測所、竹田橋観測所と小鴨川の河原町観測所、国府川の福光観測所の5か所の観測所を運用しているが(図-3)、これらの河川は河床勾配が急なことから、降雨が急激な出水に結び付きやすい。そのため、各河川でピーク水位到達が時間差3時間以内に重複し、各河川で同時に水位上昇したケース(図-1)や、急激に水位が上昇し、水位上昇速度が1時間で約1m超(3時間で約3.2mの水位上昇)の出水が生じたケース(図-2)も存在する⁷⁾。

2021年3月現在、フラップゲート形式を除く樋門・樋管は天神川に6基、小鴨川に5基、国府川に6基、三徳川に1基の計18基が設置されている(図-3)。これらの樋門等は、津波時の操作のために遠隔操作が可能な施設も存在するが、洪水時は機側操作を主たる操作方法としている。出水時におけるこれらの樋門等の操作は、倉吉河川国道事務所では4市町と樋門等操作委託契約を結び、

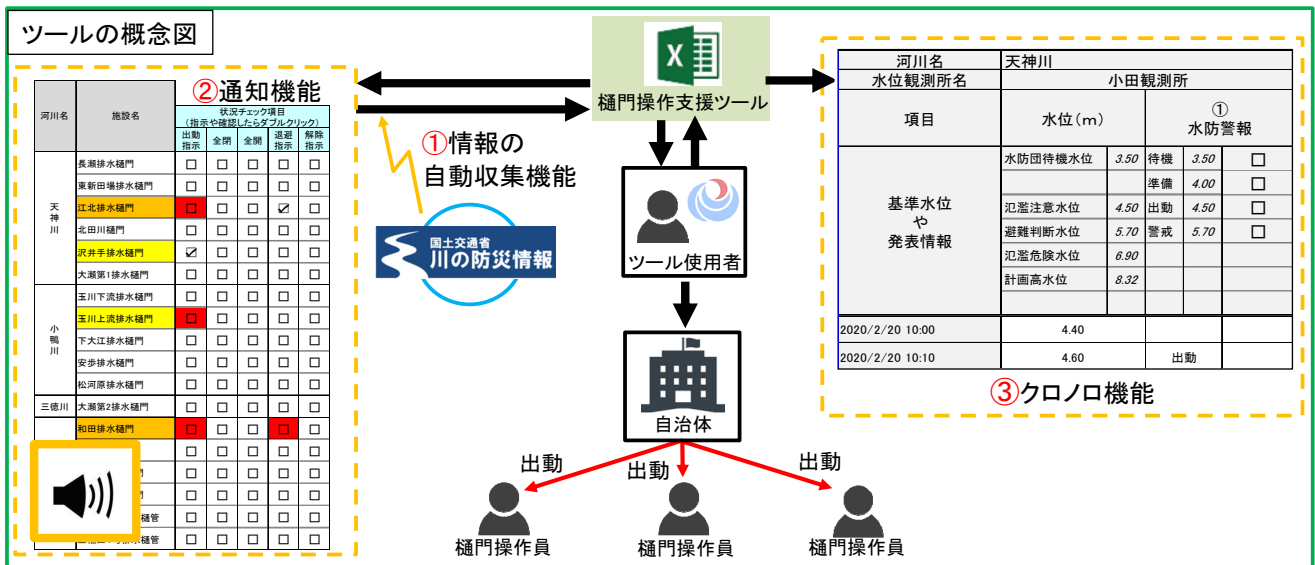


図-5 樋門操作支援ツール概念図



図-4 樋門等操作連絡体系図

樋門等の操作を委託している（図-4）。

出水時には、倉吉河川国道事務所では、限られた人員体制で、5か所の基準水位観測所に設定された各樋門等の水位を確認し、各樋門等の警戒体制水位及び退避水位等の基準水位に到達した際に、樋門操作に関する連絡を実施している。その後、4市町の自治体担当者は各樋門操作員への指示を行い、各樋門操作員が操作を行う樋門等操作連絡体制となっている。

3. 出動連絡の課題抽出

上述した現状の樋門等操作連絡の中で、倉吉河川国道事務所から4市町への出動連絡については、電話で連絡している。電話するタイミングが遅れた場合、樋門操作員が現地に向かうタイミングが遅れることになり、逆流防止のための樋門等のゲート閉操作に影響する可能性がある。

出水時の樋門等操作連絡は限られた人数の中で、的確な連絡や速やかな情報共有が求められるため、これまでには基準水位や連絡先を紙資料でとりまとめた一覧表を活用して連絡を行ってきた。しかし、急流河川の特徴から4河川で同時かつ短時間で水位が上昇することが多く、

各基準水位への到達が複数の施設で同時多発的に発生する中、連絡漏れ等が発生する可能性がある。その要因には、大きく次の3点が課題として挙げられる。なお、これらの課題は樋門等を管理する河川事務所では共通する課題であると認識している。

【1. 確実かつ迅速なリアルタイム情報収集】

- ・水位や雨量、警戒体制水位等の出動連絡の判断材料がHP上や各種資料に点在しているため、情報収集に時間を要し、連絡が遅れる可能性がある。

【2. 複数の樋門等で同時多発的に発生した場合の対応】

- ・水位上昇速度が速い出水時に、複数の樋門等に対して、連絡する時間帯が重複する。
- ・出動頻度の高い樋門等は注視しているが、出動頻度が低い樋門等において、連絡し忘れの可能性がある。

【3. 出動連絡後の記録作成の負担軽減】

- ・出水後にクロノロジー（災害時に収集または発信した情報について、時系列的に記録していくもの。以下、「クロノロ」という。）を作成するために、出水時に自治体への出動連絡後に連絡時間を記録しているが、担当者は出動連絡以外の業務もこなす必要もあるため、出来るだけ作業量の削減が必要である。

4. 樋門操作支援ツールの作成

樋門等操作の確実な実施にあたっては、複数樋門等で同時多発的に警戒体制に入り、出動連絡が重複するような状況下においても、迅速かつ効率的に現状把握を行い、樋門操作の必要性の有無を判断する必要がある。

そこで、事務所職員の負担軽減が可能となる新たな樋門操作支援ツールについて検討・作成した（図-5）。

機能1. 情報の自動収集機能

「データ取得」ボタンを押すと、最新の観測水位を取得し続ける。今までに記録されていたデータ・チェック項目が全消去される。

平常時

河川名	施設名	観測時刻	樋門開閉状況	樋門地点						基準観測所地点				遠隔操作可能施設	アラート設定 ON		アラート解除			
				観測内水位 (m)	観測外水位 (m)	基準水位			被害発生水位 堤内地盤高 (TPm)	観測水位 (m)	基準水位				観測所	データ取得	全解除			
						警戒体制水位 (m)	操作水位 (m)	退避水位 (m)			警戒体制水位 (m)	操作水位 (m)	退避水位 (m)							
天神川	長瀬排水樋門	2020/2/20 21:10	□			1.13	1.36		1.65	1.80	1.20	2.10		7.80	長瀬	○	□	□	□	□
	東新田場排水樋門	2020/2/20 21:10	□			1.14	1.38		1.59	1.69	1.20	2.10		7.20	長瀬	○	□	□	□	□
	江北排水樋門	2020/2/20 21:10	□			1.78	2.54		4.01	4.80	0.53	3.20		7.20	小田	○	□	□	□	□
	北田川樋門	2020/2/20 21:10	□			3.36	4.62	4.96	4.97	8.67	0.53	5.80		7.90	小田	○	□	□	□	□
	沢井手排水樋門	2020/2/20 21:10	□			0.43	2.04	3.32	2.45	9.02	0.53	3.90		8.10	小田	○	□	□	□	□
	大瀬第1排水樋門	2020/2/20 21:10	□			1.09	1.70	2.73	1.87	32.06	1.94	4.80		7.70	竹田橋	×	□	□	□	□
	玉川下流排水樋門	2020/2/20 21:10	□			0.20	1.50	3.82	1.90	12.39	0.53	2.20		8.60	小田	×	□	□	□	□

■基準水位を超過した施設を着色

- 警戒水位超過
- 退避水位超過

樋門操作支援ツール メイン画面 (平常時)

時間経過

警戒体制水位・退避水位を超過すると「観測水位」が赤色に変化

出水時

河川名	施設名	観測時刻	樋門開閉状況	樋門地点						基準観測所地点				遠隔操作可能施設	アラート設定 ON		アラート解除			
				観測内水位 (m)	観測外水位 (m)	基準水位			被害発生水位 堤内地盤高 (TPm)	観測水位 (m)	基準水位				観測所	データ取得	全解除			
						警戒体制水位 (m)	操作水位 (m)	退避水位 (m)			警戒体制水位 (m)	操作水位 (m)	退避水位 (m)							
天神川	長瀬排水樋門	2020/2/12 16:20	□			1.13	1.36		1.65	1.80	8.00	2.10		7.80	長瀬	○	☑	□	☑	□
	東新田場排水樋門	2020/2/12 16:20	□			1.14	1.38		1.59	1.69	8.00	2.10		7.20	長瀬	○	☑	□	☑	□
	江北排水樋門	2020/2/12 16:20	□			1.78	2.54		4.01	4.80	4.00	3.20		7.20	小田	○	☑	□	☑	□
	北田川樋門	2020/2/12 16:20	□			3.36	4.62	4.96	4.97	8.67	4.00	5.80		7.90	小田	○	☑	□	☑	□
	沢井手排水樋門	2020/2/12 16:20	□			0.43	2.04	3.32	2.45	9.02	4.00	3.90		8.10	小田	○	☑	□	☑	□
	大瀬第1排水樋門	2020/2/12 16:00	□			1.09	1.70	2.73	1.87	32.06	1.87	4.80		7.70	竹田橋	×	☑	□	☑	□
	玉川下流排水樋門	2020/2/12 16:20	□			0.20	1.50	3.82	1.90	12.39	4.00	2.20		8.60	小田	×	☑	□	☑	□

機能2. 連絡を確実に実施する機能

- 警戒体制水位到達をアラート音でプッシュ通知し、連絡遅れのヒューマンエラーを防げる
- 各基準水位到達を着色表示し、どの施設で到達したか瞬時に分かる

機能3. クロノロ作成の補助機能

「出動指示」のチェック項目をダブルクリックすると、警戒体制水位到達のアラート音が停止し、クロノロに「出動指示」が記録される。

樋門操作支援ツール メイン画面 (出水時)

図-6 支援ツール メイン画面

(1) 支援ツールの作成方針

支援ツールを構築するにあたり、事務所職員から意見を募り、現行の方法（紙資料でとりまとめた一覧表の活用）から改良するポイントを取りまとめた。ポイントを以下に示す。

- 各基準水位観測所の水位情報を集約すること
- 手入力作業を入れミス防止を図ること
- 操作員の出動状況や樋門等の開閉操作状況を一元化・見える化すること
- 管内全体の樋門等の情報を集約・見える化すること

また、支援ツール構築にあたっては、次の点を考慮することが挙げられた。

- 大規模なシステム構築ではなく、低コストで構築可能
- リンク先のHPアドレス変更等が可能であり維持管理が容易
- 使い慣れており操作性が良いソフトを採用
- インターネット回線があれば事務所内外で利用可能
- 情報収集や記録に必要な操作（作業手間）を削減

これらの意見を踏まえて、支援ツールの作成には、大規模なシステム構築を行わず、事務所職員が使い慣れているMicrosoft Excelを用いる方針とした（図-5）。

(2) 各機能の構築

課題や要望を踏まえ支援ツールの主な機能は以下の3つとした。

- a) 情報の自動収集機能

樋門操作支援ツール メイン画面で以下の操作を実施

- ・データ取得ボタンをクリック
- ・各チェックボックス（出動指示、樋門全閉、樋門全開、退避指示、警戒体制解除指示）をダブルクリック

自動作成

河川名		天神川		天神川					
水位観測所名		長瀬観測所		小田観測所					
項目	水位(m)	③ 樋門操作		① 水防警報		② 洪水予報			
		基準水位 や 発表情報	水防団待機水位	長瀬	東新田場	水防団待機水位	3.50	待機	3.50
	氾濫注意水位	準備	4.00			<input checked="" type="checkbox"/>			
	避難判断水位	出動	4.50			<input type="checkbox"/>		洪水注意報(氾濫注意情報)	<input type="checkbox"/>
	氾濫危険水位	警戒	5.70			<input type="checkbox"/>		洪水警報(氾濫警戒情報)	<input type="checkbox"/>
	計画高水位		6.90					洪水警報(氾濫危険情報)	<input type="checkbox"/>
観測時刻	長瀬			小田				洪水警報(氾濫発生情報)	<input type="checkbox"/>
2020/9/4 10:50	1.06			1.80					
2020/9/4 11:00	1.10			1.95					
2020/9/4 11:10	1.14			2.00					
2020/9/4 11:20	1.60			2.20					
2020/9/4 11:30	1.99			2.60					
2020/9/4 11:40	2.00			2.90					
2020/9/4 11:50	2.20	出動指示	出動指示	3.80		待機			
2020/9/4 12:00	2.50			4.00		準備	準備		
2020/9/4 12:10	3.00			4.00					

図-7 支援ツールによるクロノロ作成結果

表-1 得られた意見と改良方針

No	意見内容	対応
1	各樋門等の基準水位（警戒体制水位、操作水位、退避水位）到達時に、河川管理者がツール画面を見ていない場合も基準水位到達に気づけるように、音を鳴らして知らせて欲しい。	アラート音の通知機能を追加
2	樋門等の基準水位到達だけでなく、水防警報や洪水予報についても、プッシュ通知する機能が欲しい。	基準水位観測所で水防団待機水位や氾濫危険水位を越えた場合は、クロノロの表示水位を着色する機能を追加
3	水防警報、洪水予報のチェックボックスを追加し、発表時にチェックすることで、発表内容と時刻を自動で記録される機能が欲しい。	クロノロに洪水予報等のチェックボックスを追加

出動連絡等の判断材料となる5か所の基準水位観測所の水位データをHP内の各ページから5分間隔で自動収集し一覧表示する機能。

インターネット回線が利用できる場所であれば、事務所の内外を問わず利用可能である。

b) 連絡を確実に実施する機能

警戒体制水位到達等を、PCから発するアラート音や、エクセルのセル着色でプッシュ通知する機能。

アラート音でプッシュ通知して知らせてくれるため、

複数の樋門等で同時に警戒体制に入の場合や出動連絡以外の業務をこなしている最中も、連絡を行うタイミングに気づくことができ、連絡遅れのヒューマンエラーを防止できる（図-6）。

c) クロノロ作成の補助機能

時点更新される水位や自治体への連絡内容、発表された洪水予報を自動記録し、クロノロ作成を補助する機能。エクセル上でチェックボックスをクリックするだけで時間の記録を残すことができるため、記録作業の省力化が期待できる（図-7）。

なお、支援ツールの作成にあたっては、倉吉河川国道事務所内で実際に支援ツール【試行版】を活用し、利用者の意見も反映して支援ツールを改良した。試行時の意見は5.で具体的に示す。

5. 支援ツール試行による利用者意見を踏まえた改良

2019年9月～11月の出水時に事務所職員により支援ツールを試行した結果、表-1に示す要望が挙げられた（図-8）。なお、ツールの動作は、PCやエクセルのバージョンの影響があるため、複数の職員に試行を依頼した。

試行による要望を踏まえて、ツールの改良を行った結果、改良後のツール利用者から以下の感想を得ることができ、実効性の高いツールを作成できた。



図-8 出水時のツール利用状況

【支援ツール活用による利点】

- ・自動的に情報収集し記録するため、支援ツール活用で作業手間が増えることもなく、作業の省力化ができた。
- ・アラート音のプッシュ通知により、支援ツール画面を見ていない別作業中でも基準水位到達に気づくことができた。
- ・事務所内外を問わず利用可能のため、夜間やゲリラ豪雨時の利便性が高まった。

6. 本報告の成果と今後の課題

本報告で得られた成果と今後の課題を以下に示す。

(1) 本報告の成果

本報告では、事務所職員が自治体に対し確実に樋門操作員の出勤連絡を実施するための支援ツールを作成した。

支援ツールの実効性を高めるために、試行による支援ツールへの要望を把握して、さらに改良することで、事務所職員の作業実態に即した実効性の高い支援ツールを構築できた。支援ツールの成果を以下に示す。

- 出勤連絡等の判断に必要な各観測所の水位や雨量など複数のHPに点在している各種データを自動集約する機能により、事務所職員の作業手間を省力化できた。
- 警戒体制水位に到達するなどのタイミングをアラート音でプッシュ通知する機能により、別作業をしている状況でも気づくことができるため、連絡遅れや忘れなどのヒューマンエラーを防止できた。
- 支援ツールの活用内容をクロノロとして記録する機能により、出水後の作業手間を省力化できた。

本支援ツールは、樋門等を管理する事務所にとって有用であり、特に管理施設数が多い機関や、急流河川に位置する樋門等を管理する機関において、ツール活用による高い効果が期待される。更さらに自治体等へも展開可能である。

(2) 今後の課題

本報告の成果を踏まえ、今後の課題を以下に示す。

a) PDCAサイクルによる改良

本報告で作成した支援ツールは、小規模な出水時での活用と検証を行ったが、ツール運用後には急激な水位上昇や、大規模な洪水が発生していない。そこで今後も出水期前には動作確認や訓練を行った上で、出水時に活用し、活用後はより使いやすくなるための改善点等を検討していくことが重要である。

b) 事務所内システム更新に合わせた改良

支援ツールを今後も活用するために、樋門操作に関する所内システムの更新時は、それに合わせた支援ツールの改良が必要である。例えば、今後は所内で樋門地点の内外水位やゲート開閉状況が把握できるようになるため、それらのデータも支援ツールに自動収集して、情報を集約させる機能が考えられる。また、操作員に開閉操作指示を直接行う自治体の支援ツール使用を想定し、樋門内水位と樋門外水位の関係から、ゲート開閉のタイミングを通知する機能も有用と考えられる。

c) 予測機能の追加

近年、短時間強雨が頻発しているが、将来における気候変動の影響により、短時間強雨や洪水発生頻度は更に増加する可能性がある。今後、急激かつ大規模な水位上昇に備えるため、水位の予測機能を設け、出勤連絡の事前準備や判断の参考とすることも有効と考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・保全局 河川計画課：「水防災意識社会」の再構築に向けた緊急行動計画,2017年6月20日。
(https://www.mlit.go.jp/river/mizubousaivision/pdf/koudoukeikaku_190129.pdf)
- 2) 全国河川管理課長会議：樋門・樋管のゲート形式検討の手引き(案),H29.3.
- 3) 青野昌行:水門開放急った浸水被害で国が損害賠償へ,日経コンストラクション 第728号,令和2年1月27日.
- 4) 総務省 統計局:労働力調査(基本集計)2020年(令和2年)平均結果の要約,令和3年1月29日.
- 5) 安田有佑,吉野晃平:樋門等の情報共有に関するとりくみについて,平成30年度近畿地方整備局研究発表会 論文集 アカウンタビリティ・行政サービス部門 No.15,2018.
- 6) 国土交通省 中国地方整備局:天神川水系河川整備計画(全文),2010年3月26日。
(<http://www.cgr.mlit.go.jp/kurayoshi/tkascn/plan/scibikeikaku.pdf>)
- 7) 国土交通省 倉吉河川国道事務所:減災のための目標(案)について,天神川水系大規模氾濫時の減災対策協議会 資料 7,2016年7月12日。
(<http://www.cgr.mlit.go.jp/kurayoshi/river/bosai/pdf2/07/mokuhyou.pdf>)
(2021.4.2 受付)