

# 雪害対策時における 災害対策業務の効率化について

酒井 伊吹<sup>1</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 福井河川国道事務所 敦賀国道維持出張所 管理第二係  
(〒914-0057 福井県敦賀市開町3-28-1)

2021年1月7日から「顕著な大雪に関する気象情報」が発表されるなど、日本海側を中心に短期間に集中的な降雪が発生し、福井河川国道事務所管内においても降雪の影響により長時間に渡る交通障害が発生し、その影響が長期化した。

大雪に対する対応や体制長期化による要員の負担軽減のため、福井河川国道事務所では雪害対策業務の高度化・効率化に向けた取り組みがされてきた。本稿では業務の効率化に向けた取り組みの紹介と2020年度の集中降雪を踏まえての課題について報告をする。

キーワード 雪害、災害対策業務、効率化

## 1. はじめに

福井県は豪雪地帯特別措置法により、県内全域が豪雪地帯に指定されており、更に、大野市、勝山市、今立郡池田町、南条郡南越前町の一部は積雪の度が特に高い特別豪雪地帯に指定されている(2020年4月1日現在)。

2021年1月7日から11日にかけて、強い冬型の気圧配置により断続的に強い雪が降り続き、嶺北地方を中心に大雪となった。この大雪で福井県大野市では最深の積雪が166cmとなるなど<sup>1)</sup>、気象庁が「顕著な大雪に関する気象情報」を発表するほどの短期間に顕著な降雪となった(図-1)。この大規模な集中降雪により、国道8号や中部縦貫自動車道において大規模な渋滞や車両の滞留が発生した。

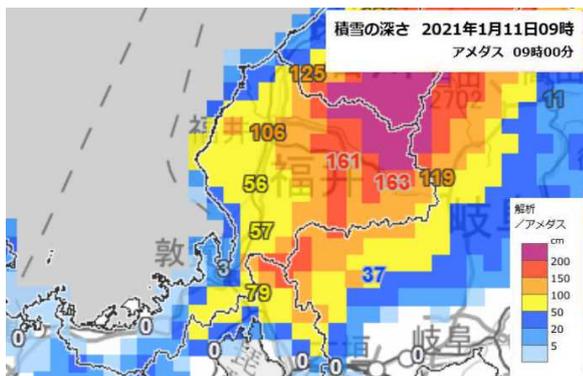


図-1 2021年1月10日における積雪の深さ<sup>1)</sup>

大規模な降雪によって雪害の体制が発令された場合、福井河川国道事務所では「雪害対策計画」により、対策班(本部・現地)、情報連絡班、広報班、総務班、各出張所作業班など、役割ごとに職員を配置して雪害対策業務に従事することとなる。一例として、現地対策班では降雪の激化及び車線を妨げるスタック車両の発見報告のほか、通行止めの解消や現地状況の調査・報告といった対応を行った。

今回の降雪による警戒以上の雪害体制の発令状況は表-1のとおりであり、体制発令時間の累計は300時間余りにのぼった。

表-1 降雪による警戒及び非常体制の発令状況

月日	体制(最大)	延べ人数(内応援人数)	除雪車両(内応援車両)
12/16(水) 14:00～ 12/17(木) 8:30	警戒	13	29
12/30(水) 18:00～ 1/1(金) 12:00	警戒	29	51
1/7(木) 17:00～ 1/13(水) 12:00	非常	246 (59)	100 (51)
1/18(月) 10:00～ 1/19(火) 8:30	警戒	28	29
1/28(木) 17:15～ 1/30(土) 8:30	非常	153 (51)	37 (11)
2/16(火) 17:15～ 2/18(木) 12:00	警戒	96 (20)	71 (18)

## 2. 雪害対策業務の課題

今回の雪害体制では基本24時間交代制で業務を行ったが、交通障害や降雪地点の変化により交代要員が確保できない場合はより長期間となることもあった。また、2021年1月7日からの福井県の降雪についてとりまとめた「福井県集中降雪を踏まえた対応について(2021年1月25日公表)」では、事務所の人員不足によりリエゾンが雪害対応業務に巻き込まれ、本来の役割が果たせなかったことなどが挙げられている。

更に、福井河川国道事務所管内では大野油坂道路が2022年に大野ICから和泉ICまで、2026年には油坂までの全線が開通する予定であり、特別豪雪地帯における管理延長が増加する。こうした状況下において、従来の人的によるやり方では一人あたりが担う業務量は増し、負担の増大から重大な情報の見落としや情報伝達の遅延が起こりうるものが想定されるため、今後を見据え情報通信技術等の活用により職員が担う業務を効率化していく必要があると考えられる。

## 3. 雪害対策業務効率化の取り組み

福井河川国道事務所管内ではこれまでも大雪による交通障害がたびたび発生している。近年では2018年2月に記録的な大雪となり、大型車の脱輪等のスタックを端緒に、国道8号では最大46kmの区間で約1500台の滞留が発生するなど大規模な交通傷害が発生した。このような経験を踏まえた対応として、2018年度より福井河川国道事務所では事務所長を室長として関係機関による情報の共有を目的とした「福井県冬期道路情報連絡室」を設置したほか、ハード整備として試行的に「AI技術を活用した交通障害自動検知システム」や「GPSを用いた車両位置情報システム」などを整備してきた。また、新たな取り組みとして、今回の雪害体制では事務所本部と現地対策班における情報伝達や、現地状況写真などの視覚的情報を効率的に共有する事を目的として、タブレット等によるメッセージアプリの活用やコロナ禍を意識したテレビ会議を活用し、リアルタイムに意思の疎通をはかる試みを行った。

### (1) AI技術を活用した交通障害自動検知システム

AI技術を活用した交通障害自動検知システムは、2018年2月の豪雪をうけ、監視体制の強化を目的に交通障害の原因となる降雪時における立ち往生車両の早期発見と、速やかな移動等の初動対応を支援し、

渋滞回避を目的に導入が進められたものである。

このシステムは、道路管理用に設置されているCCTV映像を用いて、時間差で撮影された静止画からAIによって停止車両を検知し(図-2)、設定された閾値を超えると道路情報連絡員に通知するものである(写真-1)。雪害体制時には道路情報連絡員は監視に加え、情報板等による道路状況の情報提供や、道路緊急ダイヤルなどの集中で繁忙となり、交通障害発生の見落としや対応の遅れにつながるおそれがあった。

導入にあたっては、監視画角の自動修正設定、カメラごとに画像診断を目的としたディープラーニングと混雑・停止の閾値設定を行ったことにより精度を確保した。また、体制時には地名が詳しくない職員も従事することから、音声認識によりCCTV局名を認識し、対象地点の映像を自動でモニターに表示する機器の併用を行った(写真-2)。

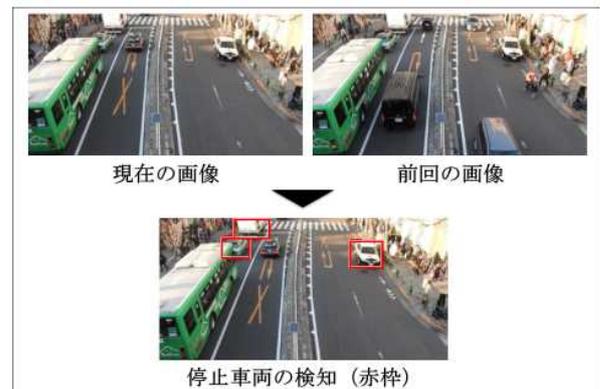


図-2 停止車両の検知システムの概要(イメージ)



写真-1 AIによる交通異常発生の通知

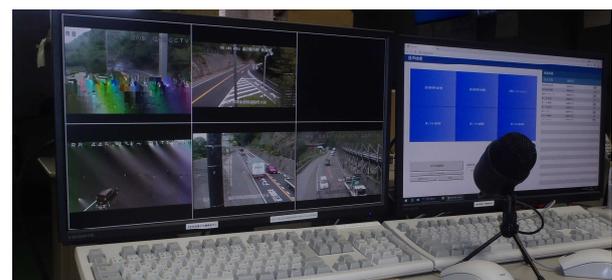


写真-2 音声認識によるCCTV映像の表示

## (2) GPSを用いた車両位置情報システム

GPSを用いた車両位置情報システムについて、写真-3のような機器を除雪車両に取り付けることによって、除雪車両の位置情報を送信し、行政パソコン上で位置情報を閲覧できるものである。位置情報は、写真-4のように規制情報や気象情報など様々な設備情報等を集約化した統合設備監視システム上に表示され、除雪業者に直接指示を行う出張所などでも閲覧をすることができる。

雪害が大規模となった場合は他事務所や他機関から除雪車両の応援要請を行い、通常よりも多くの除雪車両を管理していく必要が生じるが、導入された機器はシガーソケットにアダプターを設置し、GPS端末を接続さえすれば他機関の応援車両であっても、統合設備監視システム上に位置情報を表示することができる。また、2020年度には福井県との連携をはかるため、システムの共有も行った。

## (3) リアルタイムでの情報共有

これまで雪害体制時における本部と現地対策班間の情報伝達は電話やメールにて行われてきたが、降雪の規模が大きくなった際には電話対応等に忙殺され、情報伝達に多くの時間を要すこととなり伝達の遅延や共有が不十分となる懸念があったほか、現地



写真-3 除雪車両に取り付けるGPS機器

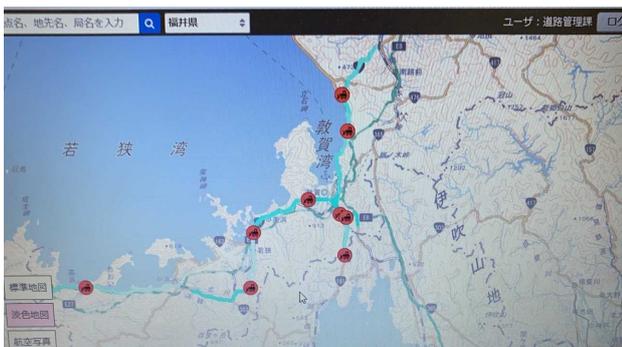


写真-4 除雪車両の位置情報

対策班はスタック車両発見時の情報共有を行う場合、車両等の救援活動に並行して周囲の情報を速やかに伝えることが困難な状況であった。

そこで、2020年度の雪害体制では試行的に事務所のタブレット等を用いて、メッセージアプリを活用し、本部や現地対策班間の情報共有を行った。

現地対策班は、道路巡視時の出発・折返し・終了報告や、写真-5のようにスタック車両や事故車両発見時に車両や周辺状況等の情報について、写真等で共有し必要に応じて現地対策班長や対策本部が指示を行った。また、CCTVカメラの視野が及ばない範囲や路面状況等のより詳しい現地状況の共有も行った。

事務所対策本部からは、情報提供や苦情を受けスタック車両の場所や、異常の発生箇所の確認といった指示内容や気象・交通状況といった情報提供をメッセージアプリ上へ共有をした。

また、写真-6のように事務所と各出張所等をテレビ会議で接続し、リアルタイムの情報共有を行った。

## 4. 2020年度の運用を踏まえての効果と課題

### (1) AI技術を活用した交通障害自動検知システム

2020年度の雪害では前進配置によるオペレーションの試行を行ったことから、結果としてAIでの検知による初動対応に繋がるケースはなかったが、立ち往生車両の早期発見を目的とした補完的・支援的な役割として、その有効性は確認できた。



写真-5 現地対策班からの共有写真



写真-6 テレビ会議システムによる接続の様子

直接的に滞留車両への措置を行うのは現地対策班や除雪業者であるので、交通の集中時はAIにより滞留車両が検知されても後続車両へ滞留が波及し、救援が巻き込まれ、対応が遅れる事態が起こりうる。

そのため、異常降雪時の交通障害の把握は、AIだけでなく、現地対策班のこまめな巡回による路面・降雪状況の把握や、並行道路の通行止め等による交通集中の把握といった人的な対応や判断を合わせることで、より早い段階での対策班や除雪車両の配置を行うことが重要であると考えられる。

## (2) GPSを用いた車両位置情報システム

応援車両を含めた除雪車両の位置情報が視覚化されたことによって、事務所・出張所の双方でリアルタイムに稼働状況を把握することができた。さらに、CCTV映像や現地対策班の巡視による路面状況等の報告と除雪車両の位置情報をあわせることで、巡回状況の更なる把握や、道路や交通に異常が発生した時、即座に最も近い部隊を把握し、連絡をすること可能となったので、効率的な指示や運営につながった。

現在、除雪車両の位置は画一的なアイコン表示のため、現地で作業をするにあたり、除雪車両進行方向、種別や応援車両であるかといった情報が視覚的に表示されると更に効果的な運用ができると感じた。

また、統合設備監視システムについては拠点等の行政パソコン上でしか閲覧することができなかったが、タブレットやスマートフォンからでも閲覧できるように改修がされ、巡回中の要員も閲覧することが可能となる予定であり、更に効果的な運用となることが期待される。

## (3) リアルタイムでの情報共有

メッセージアプリの利用はリアルタイムでの情報共有や手軽に写真を共有できたため、便利であったと一定の好評を得た一方で、課題も多くあった。

事務所本部では、指示事項や情報を即座に全体に共有することができ、最も現地に近い巡回班が速やかに対応するなど対応の迅速化や、組織内での電話やメールの頻度を削減し業務の効率化や負担の軽減につながった。現地対策班においては、スタック車両等の発見時に救出などの対応を必要とするなか、画像や位置情報にて簡易的に情報を共有することができ、負担の減少につながった。

しかし、便利であった一方で現地状況の報告と重要な指示・通行止めといった情報提供等が入り交じり、知りたい情報が探しづらいことや、時間が経つと情報が溢れ、経過を把握することが大変といった

問題が生じていたように感じた。これには、情報発信の基準を厳格化するほか、全体への情報共有グループと、班ごとの情報共有グループといった使い分けによる改善が考えられる。

また、メッセージアプリについて今回は民間のアプリを使用したがる、セキュリティの観点から機密性と、写真含めた発信の手軽さを兼ね備えた業務用の情報共有ツールがあるとよいと思えた。

事務所と各出張所等をつないだテレビ会議については、情報を迅速に伝達するだけではなく現場の雰囲気なども同時に伝達することができたほか、組織内での電話対応を減らし、負担削減に一定の効果があったと考えられる。

## 5. おわりに

今回、雪害の体制要員として業務に携わり、福井河川国道事務所がこれまで取り組んできた効率化の内容について、効果と課題の双方を実感し、更なる実用性向上が必要だと感じた。情報通信技術を活用したハード整備は事務所内部だけでなく、ネットワークを介して福井県冬期道路情報連絡室における関係機関との情報共有の効率化にもつながり、より広域的な連携への応用も可能であるため、更なる取組の推進が必要であると考えられる。

業務にあたって体制長期化による負担の大きさと、ハード整備による効率化の効果と課題を実感したことから、今回内向きの効率化を題材としたが、加えて現地で巡視等を行うにあたり、未除雪の接続道路や沿道施設への侵入を試みたことによりスタックした車両や並行道路の通行止めによる交通の集中を見て、ソフト的な対策である広報や呼びかけによる交通の抑制や、基本となるオペレータなどの人材確保なども、非常に重要であると同時に感じた。

本稿は筆者の前任地である福井河川国道事務所の道路管理課の取り組みをまとめたものである。現在は福井河川国道事務所管内の出張所に勤務をしているため、本稿での課題を考えながら、降雪時における交通の安心を確保するべく、現場でより実用的かつ効率的な雪害対策業務に取り組んでいきたい。

## 参考文献

- 1) 福井地方気象台：令和3年1月7日から1月11日にかけての大雪に関する気象速報  
<https://www.data.jma.go.jp/fukui/shosai/01sokuhou.htm>  
 1 (2020年4月13日参照)

# 都市計画道路 東中央線の開通について

藤本 恭一<sup>1</sup>・木村 俊之<sup>2</sup>

<sup>1</sup>京都府 山城南土木事務所 道路計画課 (〒619-0214京都府木津川市木津上戸18-1)

<sup>2</sup>京都府 建設交通部 道路建設課 (〒602-8570京都市上京区下立売通新町西入藪ノ内町)

京都府木津川市に位置する都市計画道路東中央線のうち、未整備区間であった関西文化学術研究都市木津中央地区北端から国道163号までの1.4km区間が、2020年(令和2年)3月15日に開通した。本事業は、国土交通省事業による木津東バイパス(L=0.6km)と同時開通することにより、地域のまちづくりの支援、慢性的な交通混雑の緩和、緊急時の代替輸の確保による防災機能の向上等を目的として整備したものである。本稿では、本事業における主な構造物、整備効果、景観検討及び環境対策について、報告するものである。

キーワード 都市計画道路、整備効果、景観検討、環境対策

## 1. はじめに

都市計画道路東中央線は、京奈和自動車道木津インターチェンジから関西文化学術研究都市木津中央地区を通過し、一級河川木津川を渡り、国道163号に至る都市計画道路である。

このうち、未整備区間であった1.4kmの区間について、2009年度(平成21年度)に事業着手し、11年を経て、2020年(令和2年)3月15日に開通した(図-1)。

本事業は、木津東バイパスと同時開通することにより、木津中央地区と木津川市の中心市街地を結ぶ新たなネットワークの形成によるアクセス性の向上や地域のまちづくりを支援するほか、国道24号と国道163号の重複区間における慢性的な交通混雑の緩和、災害や事故等の緊急時の代替輸送の確保による防災機能の向上等を目的として整備したものである。



図-1 都市計画道路東中央線位置図

## 2. 事業概要

事業概要を表-1に示す。道路規格は第3種第2級、設計速度は60km/h、計画交通量は13,000台/日で計画している。主な構造物としては、木津川橋(L=377.1m)、鹿背山高架橋(L=201.9m)を有する(図-2)。

表-1 都市計画道路東中央線事業概要

路線名	3・1・17号 東中央線
区間	木津川市木津～木津川市山城町上狹
延長	1.4km(国道163号影響区間を含む)
幅員	6.5(12.0)m(2車線 片側歩道)
事業期間	2009年度～2020年度(平成21年度～令和2年度)
全体事業費	約70.4億円

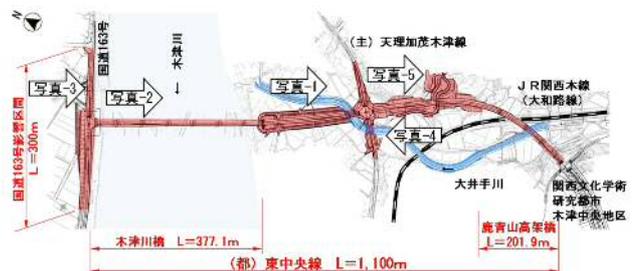


図-2 都市計画道路東中央線(本事業区間)概要図



写真-1 開通直後



写真-2 開通直後



写真-3 木津川橋 上空  
写真-4 天理加茂木津線交差点上空  
写真-5 鹿背山高架橋 上空

### 3. 主な構造物

#### (1) 木津川橋 (きづがわはし)

木津川橋の概要を表-2, 図-3に示す。木津川橋は、木津川の渡河橋で、周辺の「里山景観」との調和や山城地域で古くから栄え根付く「宇治茶生産の景観」にふさわしいデザインとなるよう、橋桁を木津川の砂をイメージしたグレーベージュ色とし、親柱、高欄には、お茶の葉をモチーフにしたレリーフを施した。さらに、歩道部の高欄には抹茶色のビームを一本入れることで、橋のイメージを引き締めるなど、随所にこだわりが見える作りとした(写真-6, 写真-7)。

表-2 木津川橋概要

橋 長	377.1m
上 部 工	鋼7径間連続合成細幅箱桁橋
下 部 工	橋台：逆T式2基 橋脚：壁式6基
工 事 費	約24.2億円



図-3 木津川橋概要



写真-6 木津川橋全景  
写真-7 親柱、高欄

#### (2) 鹿背山高架橋 (かせやまこうかきょう)

鹿背山高架橋の概要を表-3, 図-4に示す。木津川市鹿背山に位置する鹿背山高架橋は、JR関西本線(大和路線)の跨線橋で、JR高架部分(L=69m)の鋼桁については、列車の安全と円滑な運行に配慮して、1,250t吊の超大型クレーンを使用し、列車運行が終了した深夜の一晚で架設した(写真-8, 写真-9)。

表-3 鹿背山高架橋概要

橋 長	201.9m
上 部 工	鋼4径間連続合成箱桁橋
下 部 工	橋台：逆T式2基 橋脚：張出式3基
工 事 費	約21.9億円

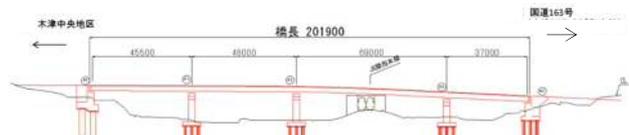


図-4 鹿背山高架橋概要



写真-8 JR高架部分架設準備



写真-9 深夜架設状況

### 4. 整備効果

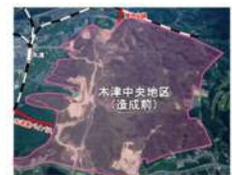
#### (1) 地域のまちづくりの支援

木津中央地区は、整備に伴い(表-4, 図-5), 年々人口が増加しているところである(図-6)。

また、木津中央地区と木津川市の中心市街地を結ぶアクセスには、踏切や狭隘な箇所がある道路を利用しており、アクセス性、安全性に課題があることから、東中央線と木津東バイパスの整備により、木津中央地区と中心市街地を結ぶ新たなネットワークを整備し、まちづくりの支援に寄与することが期待される(図-7)。

表-4 木津中央地区の事業推移

年月	事業の進捗状況
平成24年5月	木津中央地区まちびらき
平成24年9月	「城山台」JR分譲開始
平成26年4月	城山台小学校が開校 養光のりこども園が開園
平成28年4月	京都大学大学院農学研究科 附属農場が移転



約10年後... ▲H19.8撮影

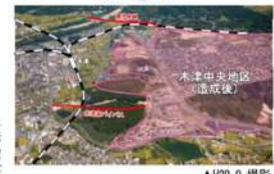


図-5 木津中央地区の整備状況

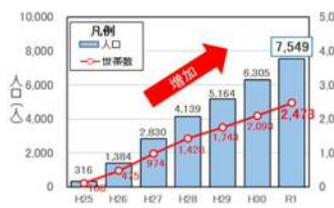


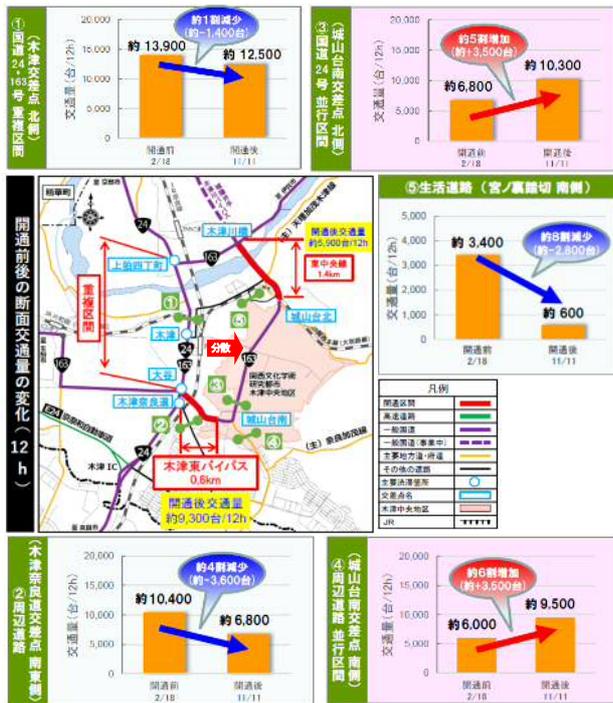
図-6 木津中央地区の人口推移



図7 木津中央地区と中心市街地の新たなネットワーク

(2) 慢性的な交通混雑の緩和

国道24号と国道163号の重複区間である上狛四丁町交差点～大谷交差点については、主要渋滞箇所であり、当該箇所の交通量は交通容量を超過し、慢性的な交通混雑が発生しているところである。東中央線と木津東バイパスを一体的に整備し、重複区間に並行する新たなネットワークが形成されたことにより、交通混雑の緩和に寄与していることが、交通量調査結果により、確認できる(図-8、図-9)。



※交通量調査日 開通前: 令和2年2月18日7時～18時台 開通後: 令和2年11月11日7時～18時台

図-8 開通前、開通後の交通量調査結果【出典: 京都国道事務所資料】

国道24号(南行き) 木津交差点付近の混雑状況



国道24号(南行き) 大谷交差点付近の混雑状況

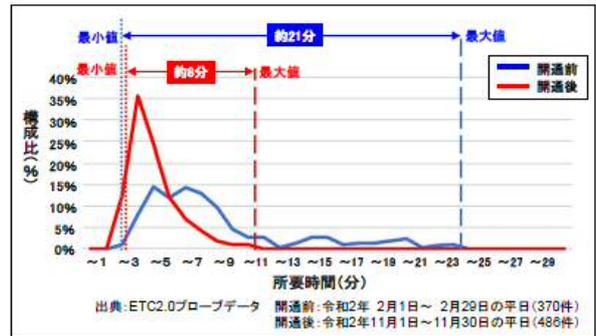


図-9 国道24号と国道163号の重複区間の混雑状況と定時制性的変化【出典: 京都国道事務所資料】

(3) 緊急時の代替輸送の確保による防災機能の向上

東中央線に併走し、京都～奈良～和歌山を結ぶ広域幹線道路である国道24号は、第1次緊急輸送道路に指定されており、山城南医療圏(精華町、木津川市、和束町、笠置町、南山城村)で唯一の災害拠点病院である京都山城総合医療センターへのアクセス道路として市民生活に欠くことができない道路であり、一級河川木津川を渡河する泉大橋に加え、新たな木津川を渡河する橋梁(木津川橋)を整備することにより、代替路確保や広域的なりだんだんシーの確保が可能となり、防災機能の飛躍的な向上が期待される(図-10)。



図-10 災害拠点病院へのアクセス

また、梅雨前線豪雨により2020年(令和2年)7月29日に発生した木津川市山城町上狛地内での国道163号の落石・崩土(写真-10)により、約3週間にわたり全面通行止めとなり、2021年(令和3年)6月現在も終日片側交互通行を行っており、鋭意復旧工事を実施しているところであるが、東中央線がその迂回路として機能を果たし、交通の円滑化に寄与している(図-11)。



写真-10 国道163号法面崩壊直後

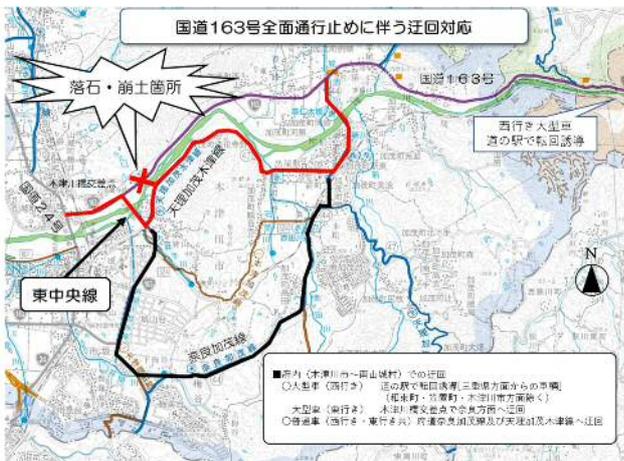


図-11 国道163号全面通行止めに伴う迂回対応

## 5. 景観検討・環境対策

### (1) 景観検討

木津川橋や鹿背山高架橋等の整備にあたっては、学識者等による景観検討会を開催し、景観整備方針を「穏やかな周辺環境に馴染みお茶の里に相応しい落ち着いたみちの創造」と定め、塗装色、舗装色及びデザイン等について選定し、景観整備を行った。景観整備の内容を表-5に示す。

表-5 景観整備の内容

箇所	内容
木津川橋及び鹿背山高架橋	上部工主桁部及び床版側面部 親柱(木津川橋のみ)
高欄及び照明柱等	気品や明るく軽快なイメージが感じられるページュ系を選定
	お茶の葉をイメージしたデザインを選定
歩道舗装	デザインはシンプルな構造の一般製品
	色彩は、主桁部と調和するグレーページュを選定
	柔らかい印象を与える脱色アスファルト舗装を選定

### (2) 自然環境対策

直轄河川である一級河川木津川を渡河する木津川橋の施工にあたっては、水質、景観、生態系等に関する現地調査、予測・評価、環境保全措置の検討、モニタリング計画の検討等を行い、国土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所が設置する「淀川環境アドバイザー会議」に諮ることで、必要な指導・助言を得た。表-6に調査した項目と実施した主な環境対策を示す。

表-6 調査項目と主な環境対策

調査項目	主な環境対策
生物相調査	植物、底生動物、魚類、鳥類、猛禽類、陸上昆虫類、両生類、は虫類、ほ乳類
たまり・細流環境調査	魚類注目種調査(25種)、底生動物注目種調査(124種)
河床変動調査	
環境状況・景観調査	

### (3) 生活環境対策

事業区間の沿道環境については、バイパス整備に伴う交通の分散による慢性的な交通混雑の緩和、景観検討や上述の環境対策のほか、事業実施に係る調査や地元協議により、排水性舗装による自動車交通騒音の低減、目隠しフェンスの設置等を行うことにより、地元と合意形成のもと、沿道環境の改善、緩和を図った(写真-11)。



写真-11 排水性舗装と目隠しフェンス

## 6. おわりに

東中央線は、木津東バイパスと同時に2020年(令和2年)3月15日に開通し、同日、国土交通省近畿地方整備局及び木津川市との共催で開通式典を予定していたが、新型コロナウイルス感染症拡大防止の観点から、非常に残念ながら開通式典は中止となった。

しかしながら、関係するすべての方々のご協力とご尽力をいただき、また関係するすべての方々のご多大なご努力により、無事開通することができた。

東中央線の開通が、この地域のさらなる振興、まちづくりの支援に寄与することを願いたい。

謝辞：本稿の作成に際し、国土交通省近畿地方整備局 京都国道事務所の方々にご多大なる御協力を賜りました。深く感謝いたします。

# 雨水貯留施設（貯留管）の整備について

田村 諭<sup>1</sup>・今井 瑛介<sup>2</sup>

<sup>1</sup>宇治市 建設部 雨水対策課 (〒611-8501 京都府宇治市宇治琵琶33)

<sup>2</sup>宇治市 都市整備部 開発指導課 (〒611-8501 京都府宇治市宇治琵琶33)

近年の気象状況変動による局所的な集中豪雨が年々激化しており、道路冠水や床上・床下浸水が起り、市内各地の広範囲で浸水被害が拡大している状況にある。このような状況を踏まえて、本市では「みどりゆたかな住みたい住んでよかった都市」の創造をめざし、安全に住めるまちづくりのために、効果的かつ効率的な雨水整備を行うための宇治市公共下水道（洛南処理区）雨水排除計画を平成23年度に策定し、事業を実施しているところである。

本報告では、宇治市公共下水道（洛南処理区）雨水排除計画に位置付けられた本市小倉地域における浸水軽減のための雨水貯留施設（貯留管）事業について紹介するものである。

キーワード 防災，浸水対策，発進基地

## 1. はじめに

本市が雨水貯留施設を整備することになった小倉地域は、元々、巨椋池を埋め立てられた田畑が広がる平らな土地であったが、昭和30年代後半からの大規模宅地開発により土地利用状況が田畑からコンクリートやアスファルトに著しく変わり、雨が浸透することなくそのまま排水路に流れ込むこととなり、浸水被害が過去より度々起こっている地域である。

そこで、小倉地域における浸水対策として、雨水の流出抑制が効果的な雨水貯留施設を整備することとなった。

## 2. 宇治市の降雨状況について

近年、本市では、年最大1時間降雨量が増加傾向であり、特に2008年以降から局地的豪雨と呼ばれる激しい雨が頻発し浸水被害が多発したことから、本格的な雨水対策の取組みを開始する契機となった（図-1）。

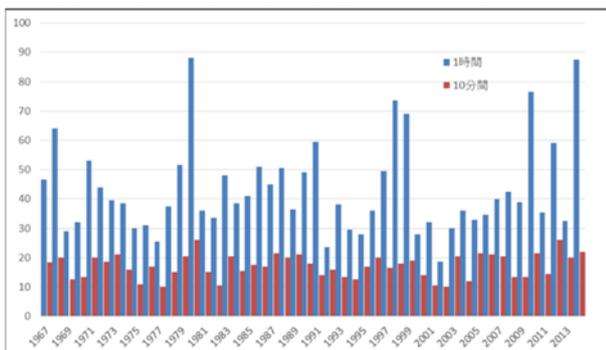


図-1 本市の降雨状況

## 3. 小倉地域の浸水被害状況と浸水原因について

### (1) 小倉地域の浸水被害状況

小倉地域には近鉄小倉駅があり、市内では2番目に乗降人員が多く、商業施設や住宅地が密集しているエリアである。その近鉄小倉駅や駅周辺の府道城陽宇治線などにおいて、近年の豪雨時には、浸水被害が度々発生し、浸水が常襲化している状況である（写真-1, 2）。



写真-1 近鉄小倉駅浸水状況



写真-2 府道城陽宇治線浸水状況

(2) 近鉄小倉駅周辺の浸水発生原因について

この浸水被害をもたらした原因として、図-2に示す小倉8号排水路の溢水が考えられ、計画降雨によりも上流から流れてくる雨水量に比べて水路の疎通能力が小さいために溢水したことが原因であった。

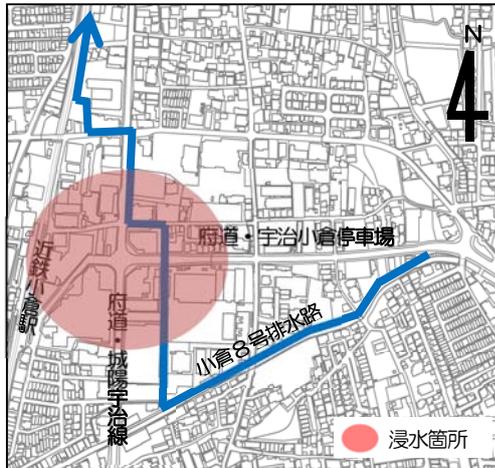


図-2 小倉8号排水路位置図

4. 近鉄小倉駅の浸水対策事業計画について

(1) 浸水対策方法の決定について

近鉄小倉駅周辺の浸水被害を解決するために浸水対策方法として、3つの案が考えられた。

まず、1案目として、小倉8号排水路の断面幅を考えたが隣接地に建物が建っており水路断面を大きくすることは困難であり断念することとなった。

2案目に学校のグラウンド等公共施設空地地下に雨水貯留槽を埋設することを考えたが近隣に該当地がなく貯留槽での整備も難しいと判断した。

3案目として公道の地下に貯留管を埋設する案を考えた。小倉8号排水路は、道路幅員約10mの公道（府道宇治小倉停車場線）を横断していたため、この道路に貯留管を埋設することが可能であると判断し、貯留管という方法に決定し、事業を進めることとした（図-3）。

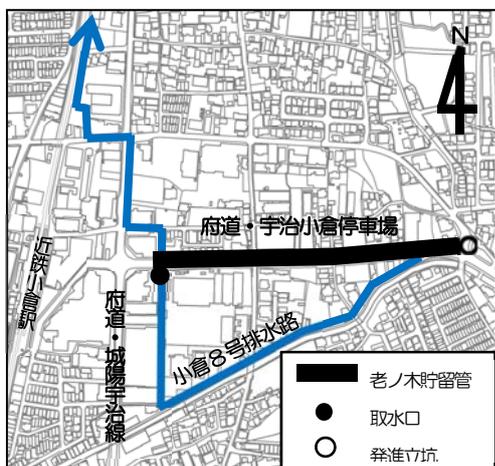


図-3 貯留管位置図

(2) シミュレーションによる整備効果

事業をスタートするにあたり、貯留管を整備することによる整備効果を流出解析及び氾濫解析によるシミュレーションを活用して検証を行った。

まずは、現況を知るために、貯留管整備前のシミュレーションを行った。シミュレーションの結果、小倉8号排水路から溢れた雨水が地盤高の低い近鉄京都線沿いに流れ、浸水が発生していることが分かる（図-4）。

続いて、貯留管整備後のシミュレーションを行った結果をみると、貯留管を整備することにより、小倉8号排水路の浸水被害が解消することが分かり、貯留管の整備効果を確認できた（図-5）。

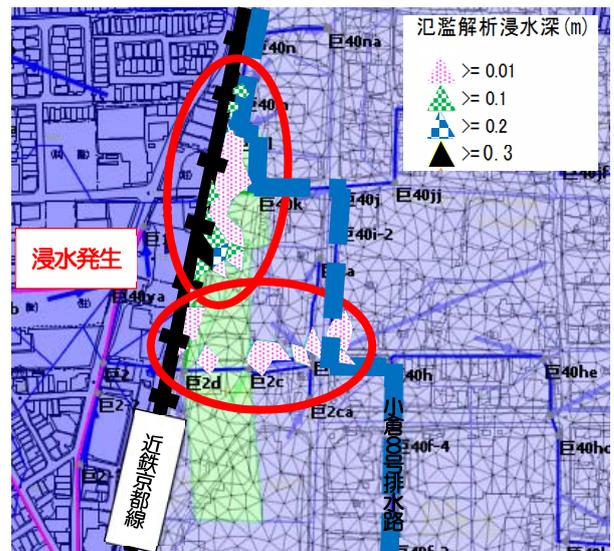


図-4 貯留管整備前のシミュレーション結果

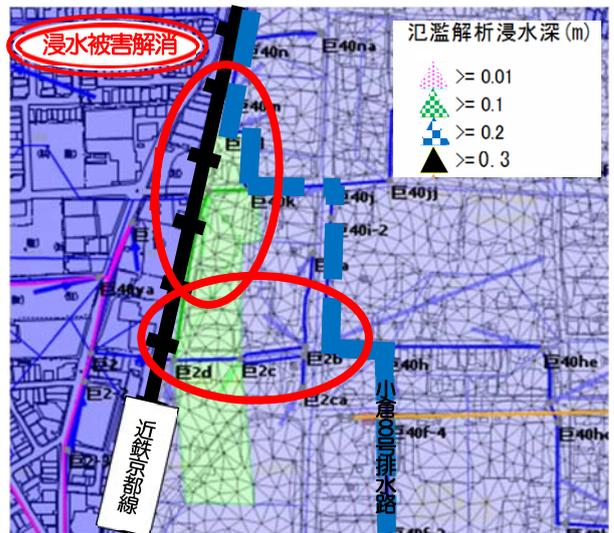


図-5 貯留管整備後のシミュレーション結果

## 5. 貯留管整備工事における発進立坑基地について

### (1) 必要な発進立坑用地について

推進工事を施工するためには、小判型ライナープレート（8925×5000）や門型クレーン（10t吊）、その他推進に必要な機器等を設置するために、ある程度の広さの土地が発進立坑基地として必要であった。

### (2) 発進立坑用地の確保

発進立坑用地の確保にあたり、施工箇所付近は近鉄小倉駅前であり、商業施設や住宅が密集しているため、用地がないことが課題となった。当初は民間所有の駐車場などの地権者と借地協議をしたが、承諾は得られなかった。そこで発進立坑用地として狭小ではあったが、府道宇治小倉停車場線沿いにある京都府管理の植樹帯を京都府と調整し、発進立坑基地として利用することとなった（写真-3）。



写真-3 発進基地である植樹帯

### (3) 狭小な発進基地

発進立坑用地は確保できたが、発進立坑基地としては狭小なため、当初は府道宇治小倉停車場線の歩道部も占用して植樹帯と一体で利用する計画であった。

しかし、歩行者や自転車が多くのことからできる限り幅員を確保し、安全に配慮する計画に変更した。

また、東側に商店やマンションがあり、工事に関する騒音・振動や車・人の出入り等の対策も考慮する必要があった（図-6）。



図-6 発進基地の利用状況

### (4) 施工スペースの省力化

限られたスペースの発進立坑基地で施工を行うために次の3点を工夫することにより、有効活用を行った。

1点目は、発進立坑を標準の小型ライナープレートから円形ライナープレートφ8000に変更することで、立坑内に機器（汚泥タンク）を移動して立坑内を有効活用した。

2点目は、門型クレーンのレールを通常は地上に設置するが、レール幅の感覚を狭めてレールの一部をライナープレート上に宙吊りにして配置した（写真-4）。

最後に3点目として、機器（汚泥貯留タンク）を地中に埋めることで地上スペースの確保を行った（写真-5）。

以上の工夫を行ったことで、発進立坑基地は機器で埋め尽くす状況となったが、施工を可能とすることができた。



写真-4 ライナープレート内よりレール宙吊り状況



写真-5 機器（汚泥貯留タンク）埋設状況

## 6. 貯留管整備工事の完成と啓発活動

### (1) 貯留管整備工事の完成

工事については、平成30年10月より着工し、約1年半の工事期間を経て、令和2年3月に工事が完成した。

運用開始後は、降雨時に降雨量と貯留量の関係性を確認し、地域の浸水対策のために活用している(写真-6)。



写真-6 完成した貯留管内部

### (2) 啓発活動

工事に際しては、地元住民に対して、工事の内容だけでなく、貯留管の役割に対しても説明を行った。また、工事完成後に、『雨水貯留施設の役割』についての啓発看板を取り付け、多くの人に周知することで本市の雨水対策について広く理解してもらうように取り組んでいる(写真-7)。



写真-7 完成した貯留管内部

## 7. おわりに

今回、貯留管の工事は、宇治市では初めての事業であった。浸水被害地区は住宅地が多いため、大規模な雨水貯留施設を埋設できるような広大な土地がない場合が多く、そのような中で、道路下に貯留管を埋設することが、今後の本市における雨水対策事業の主な方法になってくる。浸水被害が過去に起こり、今後も起こる可能性がある中で、地域の皆様も不安に感じている部分が多く、また雨水対策への関心も非常に高くなっており、今回整備した雨水貯留施設についても効果の発揮が期待されているところである。

今後も雨に強いまちづくりがさらに進み、市民の皆様が安心して住めるように、雨水対策の実施に取り組んで参りたいと考えている。

# 地域の水害リスクを踏まえた 実践的な防災支援の実施

露峰 溪<sup>1</sup>・玉木 秀幸<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 調査課 (〒646-0003 和歌山県田辺市中万呂142)

コロナウイルス感染症対策として分散避難を意識でき、想定最大規模・計画規模・紀伊半島大水害の24時間雨量で使い分けできる実践的な浸水リスクマップを作成するとともに、作成した浸水リスクマップを活用し、中学生を対象にマイ・タイムライン作成時のエッセンスを取り入れた防災教育を実施し、地域の減災力強化に貢献した。

キーワード 浸水リスクマップ, 洪水ハザードマップ, 防災教育

## 1. はじめに

新宮川水系は、日本で最も雨量の多い大台ヶ原に源を發しており、流域の年間降水量は平均で約 2,800 mm に達するなど日本でも有数の多雨地域となっており、歴史的にも豪雨災害が多い地域である。過去には、2011 年台風第 12 号による紀伊半島大水害や 2017 年の市田川において大規模な内水被害が発生している。

こうした中、紀南河川国道事務所では河道掘削や輪中堤整備や堤防天端保護等、想定を超える洪水の被害を軽減するためのハード対策を着実にを行うとともに、防災行動を支援するための情報の拡充や地区タイムラインの作成支援、地域の中学校への防災教育の実施等のソフト対策も継続的に実施しており地域の減災力強化に貢献してきた。

本論文では、ソフト対策の一環として行った以下 2 点の取組について紹介する。

- 分散避難を考慮した実践的な浸水リスクマップの作成
- 中学生を対象としたマイ・タイムライン作成時のエッセンスを取り入れた防災教育の実施

## 2. 既存洪水ハザードマップ等の課題の抽出

### (1) 高頻度の洪水に対する浸水リスクの把握

洪水ハザードマップ等の多くは、想定最大規模降雨(年超過確率 1/1,000 程度)を対象に作成されており、最悪のリスクを把握することは重要であるが、低頻度で

起こりうる洪水の浸水リスクは、住民にとって想像し辛いものとなっている。

また、この想定に基づき避難行動を検討しても、あくまで最悪の浸水リスクであるため、同等の避難行動を要する機会は極めて少ない。こうした避難の空振りの積み重ねで、あのときは大丈夫だったからと避難行動の角度を下げ、避難意識の低下につながる恐れがある。

既往洪水や高頻度(年超過確率の大きい)に起こりえる洪水に対しての浸水リスクを知り、避難行動のシミュレーションしておくことが、実践的に避難行動を判断するうえで重要である。

### (2) 感染症リスクへの適用の必要性

これまで立ち退き避難を行う場合の避難所は、地域が定める指定避難所が一般的であったが、新型コロナウイルス感染症蔓延により、避難所以外(例えば、ホテル、親戚の家など)への避難や自宅に留まる屋内安全確保など、避難所内での密を避ける観点から、分散避難の必要性が高まっている<sup>4)</sup>。

従来の逃げどきマップを例にとると、浸水深に応じて屋内安全確保、立ち退き避難の判断を行う仕様となっており、分散避難は考慮されておらず、避難の選択肢として分散避難を住民に意識づけることが重要である。

## 3. 対象地域の選定

紀南河川国道事務所の直轄管理区間は、熊野川の河口から5km、支川相野谷川の熊野川合流点により5.7km、支川市田川は熊野川合流点より2kmであり、沿川市町とし

て和歌山県新宮市と三重県南牟婁郡紀宝町が位置している。

このうち、支川相野谷川の流れる紀宝町は、熊野川の水位上昇による内水氾濫の浸水常襲地であるため、古くから住居は嵩上げされており、熊野川合流点には鮎田水門と相野谷川排水機場、鮎田地区・高岡地区・大里地区においては集落を守る輪中堤が整備され、沿川は浸水許容を前提とした農地としての土地利用が主体となっている。

度々浸水被害を受けてきた背景から、紀宝町では避難に関連する対策による減災力強化に繋げる取組も積極的に行われ、2014年には全国に先駆けてタイムラインを導入するとともに、2018年には地区特性を踏まえたより実践的な”コミュニティタイムライン”の策定<sup>3)</sup>、2020年には新型コロナの感染症リスクを踏まえた避難所開設訓練など先進的な取り組みが行われてきた。

町・自主防災組織・住民ともに防災意識の高い地域であることから、今回、浸水リスクマップの作成地域として選定することとした。

#### 4. 新たな浸水リスクマップの作成上の工夫点

より洪水実態に応じた避難行動の選択や分散避難の実践に繋がるように以下の点で工夫・改良を行った。

##### (1) 浸水リスクマップの基本構成

浸水リスクマップは、地域住民が浸水リスクから立ち退き避難の必要性を直感的に判断できるよう清須市事例等を参考に、凡例の工夫や判定フローの表示を行った。

また対象とするリスクは浸水によるリスク(水没によるリスク)の他、土砂災害によるリスクや氾濫による家屋倒壊のリスク、浸水が継続することによるリスクも追加し、家屋構造(構造、階数等)の関係から、立ち退き避難と屋内安全確保の判断が行えるように作成した。

また、リスクマップには一般的な洪水ハザードマップと同様に避難所を記載した。

##### (2) 洪水規模ごとの作成

本リスクマップでは、想定最大規模の洪水に加え、計画規模と、住民の記憶に新しく甚大な被害を及ぼした紀伊半島大水害を追加し、3枚構成で作成することとした。ここで、各々の流量規模は、計画規模(19,000m<sup>3</sup>/s) < 紀伊半島大水害(24,000m<sup>3</sup>/s) < 想定最大規模(32,000m<sup>3</sup>/s)となっている。

ここで、上記の仕様で作成した場合、最も重要となるのが、これらマップの使い分けの判断であり、実際に洪

水が発生した際に、地域住民がどのマップを使用すれば良いかを判断できる必要がある。住民目線に立って、より身近でわかりやすい表現や指標を用いて判断できるように、本リスクマップは、洪水時にテレビやインターネット等により入手しやすい情報で判断できることを前提として考え、気象庁の台風情報で雨量見通しの発表される24時間降雨量により分類することとした。

降雨量と流出量の関係は、流域の保水状況や降雨の時間空間分布の違いにより一概に設定することはできない。加えて、熊野川では上流に複数の発電ダムを抱え、近年は民間協力による事前放流も実施しており、これらの運用状況においても直轄区間への流出量は大きく変わる。こうした、降雨量と流出量に対しては振れ幅があるものの、本マップは、あくまで今後発生が予想される洪水に対して、用いるべきマップを限定させるものではなく、想定されるリスクを幅を持って捉えていただくこと、あくまで住民が収集しやすい情報から判断できることを重視し、24時間雨量を用いて分類することとした。

なお、想定最大規模では24時間雨量、計画規模は2日雨量で表記としているが、表現方法を統一する観点や報道の多さを考慮し24時間雨量で整理することとした。この結果、計画規模420mm、H23紀伊半島大水害：○mm、想定最大規模：◇mmとなり、数値のバランス面で見ても妥当であるため、これらをマップに記載し、マップ選択の目安として用いていただくこととした。

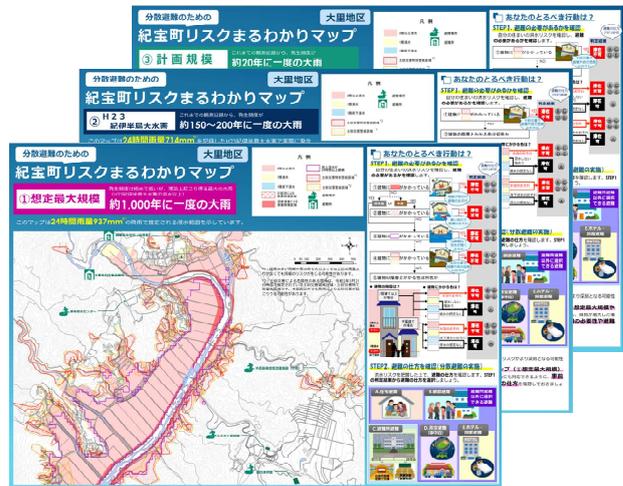


図-1 浸水リスクマップ(紀宝町大里地区)  
(想定最大規模・H23 紀伊半島大水害・計画規模)

##### (3) 分散避難の避難行動フローへの追加

洪水時に立ち退き避難を判断した際、分散避難の意識付けが行えるように判定フローに、分散避難の選択と補足説明を追加した。

一方で、新型コロナによる感染症リスクの観点から、分散避難の必要性が生じており、立ち退き避難においては避難所避難だけでなく高台等への青空避難や縁故避難なども個人に応じて実施いただく必要があり、これらの避難先として意識いただくことは重要である。これらの

選定は、状況によって確定されるものではなく個人の事情や状況によって個人が柔軟に判断していくべきものである。このため、分散避難の表示はあくまで状況に応じて、避難方法を決める仕様はせずに避難先候補として例示し、住民の方々の避難先として意識いただける程度の仕様として表現した。このため、上述のa)で作成した避難行動判定フローにおいて、立ち退き避難の判断が決定された後、避難所避難だけでなく、その他避難先を例示する表現方法とした。



図-2 避難行動フロー

(4) 浸水リスクマップの住民への紹介

作成したマップは、住民に親しみやすいよう「紀宝町リスクまるわかりマップ」と称し、2021年7月5日に行われた紀宝町大里地区での新型コロナウイルスを考慮した避難所訓練にて紹介・説明を行い、参加住民に配布し、紀宝町・自主防災組織との意見交換の場で好評をいただくことができた。

4. 新宮市での防災教育の実施

ここでは、先に作成した浸水リスクマップを応用し、防災教育の現場において活用した事例について紹介する。

(1) 防災授業の概要

熊野川減災協議会の取組として防災教育の促進が掲げられており、紀南河川国道事務所では、防災授業での教育内容の検討や教材の作成、授業の講師・運営等の支援として、新宮市立熊野川中学校においてH29年より毎年一回、防災授業を実施してきた。

これまでの防災授業では、熊野川流域の概要や気象・防災に関する基礎知識の学習の他、任意のシチュエーションやテーマ（過去にどんな災害を経験したか、大雨が降った時に身を守るためにどうしたら良いか?等）に沿って討議を行うワークショップ形式で実施していた。

一方で、洪水時に効果的な避難の実践に繋げるためには、啓発・向上した意識を”実際に活用する”一歩進んだ教育内容での取り組みが必要となる。

ここで、マイ・タイムラインでは洪水を台風発生から水位上昇までの一連の流れで捉えながら防災行動を考えていくものであり、より実態に応じて検討できるといった点で防災授業を受ける側においても実感がわきやすいと考えられる。

このため、本防災授業では、マイタイムライン作成過程のエッセンスを踏まえて、【浸水リスクを知り、避難先を知り、避難方法を知り、避難行動・判断を知る】流れを参考に、簡略化したメニューでの防災授業内容を検討した。

(2) 防災授業の内容検討

a) 検討条件

本防災授業は、表に示す実施条件に基づき授業内容の検討を行った。なお、例年の授業形式は座学+ワークショップ形式で実施し、地域住民の方々にも参加頂いている。

ただし、本授業では新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から、生徒のみを対象とし、極力ワークショップ等の討議を行わないことを前提とし、防災授業の構成・内容を検討した。

表-1 防災教育の実施条件

項目	条件
日時	令和2年12月11日(金)
場所	熊野川中学校体育館
対象	中学1年生～3年生の30名程度
時間	約2時間程度を想定
実施形式	新型コロナウイルス感染拡大防止に留意

b) 防災授業の構成

マイタイムラインでは、“知る”、“気づく”、“考える”の3つのステップを経て作成を行うこととしており、ステップ1：地域の水害リスクを知った上で、ステップ2：水害は時々刻々と変化する進行型災害であることの気づきを促し、ステップ3：時間軸で具体的な防災行動を考えることで完成に至る。このため、マイタイムラインの作成自体はステップ3の工程で実施可能であるが、ステップ1～3の流れを踏まえて作成することがより効果的なマイタイムラインの作成に繋がる。

このため、本防災授業においてもステップ1～3の流れを踏めて、“リスクを知る”、“避難の仕方を考える”、“具体的な避難行動を考える”の3段階の構成として、それぞれ関連する基礎知識を学ぶ座学と生徒自らが考えるワークに分けて構成した(各々15～20分程度に配分)。

### c) 防災授業の内容検討及び資料作成

第1段階の『リスクを知る』では、上述で作成した新しい浸水リスクマップを活用し、生徒自らが地域や自宅の浸水リスクを知り避難行動を確認することを、主要テーマとした。また、新しい浸水リスクマップを用いることで分散避難の啓発を行うとともに、リスクマップは生徒の居住地を中心に作成することで、実際の洪水時に活用できるように留意した。

次に、第2段階では設定した避難先までの避難ルートを検討頂くことを主要テーマとした。本テーマでは、実際に現地を確認しながら検討することがより効果的といえるが、本授業では机上での検討を行い簡略化を図った。

最終段階では、洪水の時間軸を考慮しながら具体的な避難行動を考えて頂くことを主要テーマとした。ここで、本検討の成果が実際の洪水でも活用できるように、マイタイムラインシートに近い形式でワークシートを作成し、生徒たちに記入いただく形式とした。なお、本シートは、限られた時間内で使用する教材を意識し、以下の点で簡略化・工夫を図って作成を行った(図)

- 避難の判断を行うまでと避難判断後に実際に行動に移るまでの、2時点に焦点を絞って、具体的な行動項目を検討頂く
- 洪水事象を視覚的にとらえやすいようにレベルごとの河川状況のポンチ絵の追加
- 短時間で行動内容を挙げられるように事前に代表的な行動項目を記載し、考えが浮かびやすいように工夫

### (3) 実施及び成果

防災授業では、上記の構成・内容を踏まえて、同地域に住む生徒たち同士で班分けを行い実施した。授業形式は、座学+個人レベルのワークとしているが、各人の意見や発想を共有し、新たな気づきに繋げることも非常に重要であることから、班内での意見交換や全ワーク後の班ごとの発表時間を設けた。

こうした一連の授業により、簡略化した内容であるものの、洪水に対して一連の流れで、より実践的な避難に繋がる防災教育を実施できたといえる。今後は、こうした考え方に基づく防災教育のフォーマット化や教育対象に応じて変更を行いながら、簡易型の防災授業項目として地域に水平展開を図り防災教育の底上げに繋げていくことが必要である。

## 4. おわりに

本研究では、気候変動等により増大する水害リスクや新型コロナによる感染症リスクに対応した実践的・効果的な避難行動に繋げていくための支援策として、浸水リスクマップ作成の検討やマイ・タイムライン作成過程のエッセンスを取り入れた防災教育の授業内容の検討・支援を行った。

浸水リスクマップは、使用者(住民)が理解・活用することができて初めて作成の意義に繋がることから、今後の展開として、使用方法の啓発活動に取り組んでいくとともに、防災授業においても全面的な活用を進めていく。親から子どもまでの幅広い世代へ浸水リスクマップを浸透させ、地域の減災力の底上げに繋がることを期待したい。

謝辞：浸水リスクマップの作成、防災授業の運営補助にご協力いただいた頂いた皆様に心より御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 国土交通省：マイ・タイムラインかんたん検討ガイド、令和2年6月
- 2) 感染症蔓延下の災害対応検討ワーキンググループ-三島地域-：感染症リスクを考慮した水害時の避難計画作成ガイドライン～水害と感染症の複合的な『難』を避ける分散避難～(案)【令和2年7月10日版】
- 3) 川口智和：三重県紀宝町におけるコミュニティタイムライン策定に向けた取り組みについて、平成〇年度キンキ地方整備局管内技術論文、一般部門(安全・安心)Ⅱ：No.9
- 4) 新型コロナウイルス感染症と災害避難研究会：新型コロナウイルス感染症流行時の災害と避難環境を考える手引き(地方自治体編)
- 5) 清須市：水害対応ガイドブック

# 職員の防災力向上に向けた 事務所版タイムラインの取組について

岡田 大<sup>1</sup>・猪飼 一貴<sup>2</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 琵琶湖河川事務所 調査課 (〒520-2279滋賀県大津市黒津4丁目5番1号)

<sup>2</sup>水管理・国土保全局 河川計画課 (〒100-8918東京都千代田区霞が関2-1-3中央合同庁舎3号館)。

各地に甚大な被害をもたらした令和元年東日本台風では、氾濫発生情報の発表や緊急速報メールの配信等が一部実施できず、河川・気象情報の発信・伝達に関する課題が明らかとなった。琵琶湖河川事務所では洪水時における住民の避難につながる情報発信に関して、降雨量や琵琶湖水位によって多岐にわたる判断・調整が必要となる。本稿では、防災情報の警戒レベルに応じて各課で為すべき事柄を明記した事務所職員対象の水防災タイムラインを策定したため、本取組を検証するとともに今後の方向性について考察を行う。

キーワード 防災, 減災, 危機管理, タイムライン

## 1. 背景

### (1) 平成25年台風第18号

近畿地方において、近年の大きな災害として2013年の台風第18号が挙げられる(図-1)。

2013年9月、強風域の半径が500kmを超える大型の台風第18号が近畿地方に上陸し、広い範囲で長時間にわたり強い降雨が発生した。特に2013年当時では運用開始後初めてとなる大雨特別警報を京都府、滋賀県及び福井県に発表した。多くの雨量観測地点で観測史上1位を記録しており、3府県のアメダス観測42地点のうち、最大24時間降水量で18地点、最大48時間降水量で15地点が観測史上1位を更新した。また、近畿地方の国管理河川のうち、4河川が計画高水位、5河川が氾濫危険水位、4河川が避難判断水位を超過した。特に桂川では堤防を超過するほどの水位となった。琵琶湖河川事務所においても、下流での水害被害を減らすため、41年ぶりに瀬田川洗堰の全閉操作を実施した。

この台風第18号は月曜日の朝に直撃したことにより、休日夜間の対応が迫られた。諸先輩方から聞いた話によると、予測よりも台風が留まる時間が長く水位上昇が大きかったため、休日中に災害体制要員の確保に苦慮した。また、単身赴任者が多い他事務所では週末に帰っている人が多く、高速道路の通行止めや鉄道の運休により十分な体制要員を確保することが難しかった(図-2)。

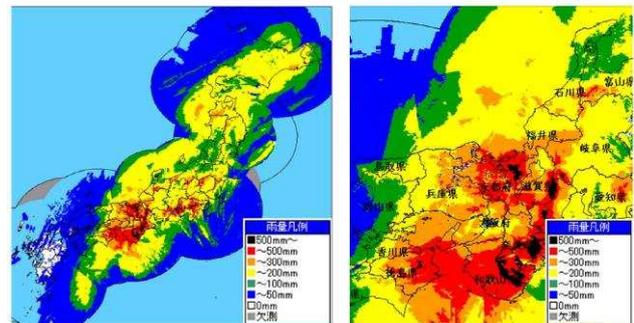


図-1 累加レーダ雨量(2013年9月15日～9月17日)



図-2 平成25年台風第18号の影響による溢水した桂川

(2)令和元年東日本台風

2019年10月に発生した令和元年東日本台風は東日本を中心に広い範囲で記録的な大雨となり、人的被害は、13都県で、死者86人（うち災害関連死者2人）、行方不明者3人、住家被害は、32都道府県で、全壊・半壊・一部破損67,985棟、床上・床下浸水30,929棟に及ぶなど、極めて甚大な被害が広域で発生した。河川については、相次いで氾濫等が発生し、国管理河川で7河川12箇所、県管理河川で67河川128箇所の堤防が決壊した。これは、2018年7月豪雨時の国管理河川2箇所、県管理河川35箇所の計37箇所を大きく上回るものであった(図-3.4)。

河川事務所では、洪水予報を発表した際、住民の主体的な避難を促進するため、携帯電話事業者の「緊急速報メール」サービスを活用した洪水情報のプッシュ型配信を行っている。しかし、外部問合せの対応に追われ、洪水予報等の発表に関する業務に人員を割けなかったため、氾濫危険情報を発表した洪水予報河川26河川のうち、6河川で緊急速報メールを配信できない事例があった。また、氾濫発生情報を発表した8河川のうち、2河川で緊急速報メールを配信できない事例があった。<sup>1)</sup>

このことから、本来地方公共団体や地域住民に伝えるべき情報が伝えられなかったという問題点が浮き彫りになった。

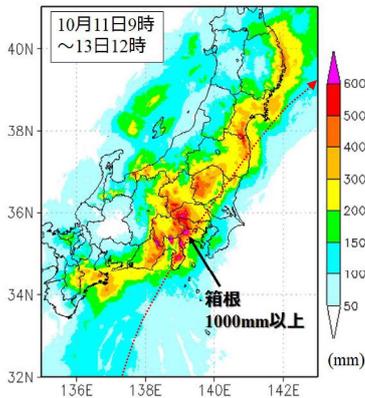


図-3 総降水量分布(2019年10月11日9時～13日12時)

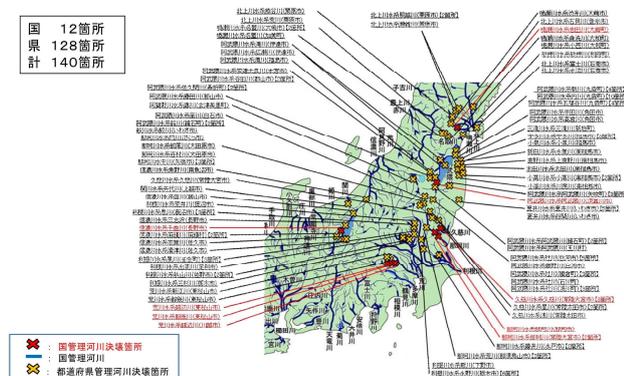


図-4 令和元年東日本台風の影響による決壊発生箇所

(3) 2020年7月の梅雨前線の対応(琵琶湖河川事務所)

西日本に停滞していた梅雨前線は、7月5日から6日にかけて日本海まで北上し、その後、前線上に発生した低気圧が次々と日本海を通過した。この前線や低気圧に向かって暖かく湿った空気が流れ込み続けたため、滋賀県では断続的に大雨となった。

この大雨により、7月5日00時から14日24時までの降水量が近江西部から湖北にかけて7月の月降水量の平年値を超える地点があった(図-5)。また、県内では、住家の一部破損2棟、床上浸水1棟、床下浸水9棟の被害が発生した。

2020年7月の琵琶湖流域平均雨量は累計438.3mmとなり、平年のおよそ2倍の雨量となっていた(滋賀県の7月の平均雨量は219mm)。その対応のため、琵琶湖河川事務所は7月7日～7月24日の2週間以上の間、土日夜間勤務も含めた24時間対応を行った。

瀬田川洗堰の放流量の増減に伴って、直前になって体制及び要員配備計画を決める必要が生じたことが今回の災害対応を難しくした原因である。放流量の増減操作を繰り返す度に必要となる放流巡視要員とは別に体制要員を配置することから、直前に多くの要員を確保する必要が生じた。日常業務に加えて、夜間対応を行い当番制により土日も出勤するシフトや当番が行う必要がある作業など直前に決める事項が多かったことが、職員の負担につながる事となった。

幸いなことに直轄区間において被災等は無く、事務所として災害対応には問題がなかったが、災害対応にかかる準備期間が不十分であったため、事務所内では混乱が生じた。

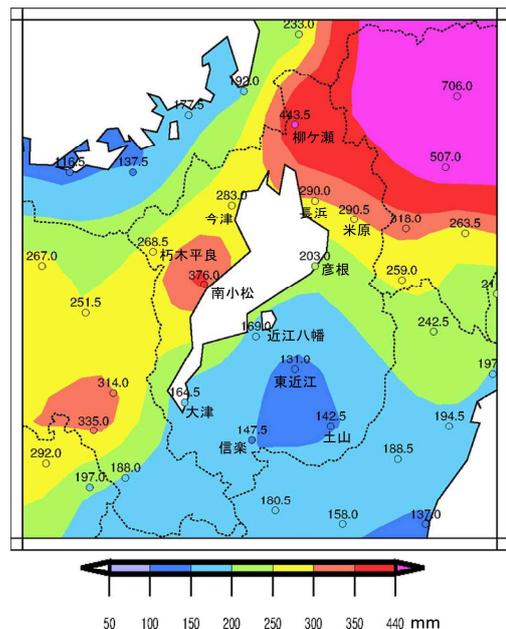


図-5 アメダス期間降水量(2020年7月5日0時～14日24時)

## 2. 課題

上記3つの災害に対する課題は下記のとおりである。

平成25年台風第18号の課題は予想外の降雨に伴う休日夜間体制要員の十分な確保である。

令和元年東日本台風の課題は外部問合せの対応に追われ、洪水予報等の発表に関する業務に人員を割けなかったため、各部問い合わせ対応要員を確保することである。

2020年7月の梅雨前線の課題は体制に入る直前に決めなければならない事項を減らすことである。原因として、必要項目の整理、要員確保といった事前準備が不足していたことが考えられる。

## 3. 対応策

これらの課題を解決するため、災害時に発生する状況を予め想定し共有した上で、「いつ」「誰が」「何をするか」に着目して、防災行動とその実施主体を時系列で整理することが可能となるタイムライン（防災行動計画）を作成することとした。

### (1) 事務所版タイムラインの作成

#### a) タイムラインとは

災害の発生を前提に、関係者が連携して災害時に発生する状況を予め想定し共有した上で、「いつ」「誰が」「何をするか」に着目して、防災行動とその実施主体を時系列で整理した計画である。タイムラインを作成することによって、災害発生時において、実務担当者は先を見越した早め早めの行動ができる。また、意思決定者は不測の事態の対応に専念できる。そのほかにも関係者の責任の明確化や防災行動の抜け、漏れ、落ちの防止が見込まれる。<sup>2)</sup>

#### b) 想定した前提条件

近年で最も大きな出水として、2013年出水を基に月曜日の10時に野洲川が決壊するとした休日夜間勤務を想定した。

2013年の出水では、9月16日10時にピーク水位(2020年3.97m)となったが、今回のタイムラインを作成するにあたり、同時間に計画高水位に達して破堤するよう水位ハイドログラフの引き延ばしを行った。その結果、9月15日20時に注意体制、9月15日22時に第一警戒体制、9月16日0時に第二警戒体制、9月16日4時に非常体制に体制を更新し、9月16日10時に計画高水位に達し決壊すると想定した前提条件でタイムラインを作成した。

#### c) 使用した素材

事務所版のタイムラインを作成するにあたり、北海道に先行事例があったため、そちらを参照した。琵琶湖河川事務所では、災対計画部運営計画書に基づき、各課をそれぞれ対策部、総務班、総合対策班(対策係)、総合対策班(工務係)、管理班、現地対策班に班別した。

そして、各体制毎に行動区分を設定し、「所内に関すること」や「河川施設に関すること」等、災害時に活用できるように大まかな区分を設定した。そして行動細目(1)では細分化して、その行動区分内における行動を記載した。例えば「気象、水文情報の収集整理」や「許可工作物」「瀬田川洗堰対応」「樋門等施設操作」「協力業者への連絡」等である。最後に行動細目(2)では行動細目(1)に対する具体的な内容を記載した。例えば「班長会議の運営」や「琵琶湖水位の監視」「CCTVの動作・画像確認」等である。その行動細目(2)に対してどの班が担当するかを設定し、事務所版のタイムラインを作成した。

#### d) 各課と調整したこと

このようにして、調査課にて琵琶湖河川事務所におけるタイムラインのたたき台は作成したが、事務所内で了承を経て、その内容を各課に説明して修正を依頼し、その修正箇所を反映させるまでには作成から半年以上もの時間を要した。修正内容としては総合対策班の土木分野と機械分野、管理班の管理分野と電気分野で行うべき防災行動が異なるため、項目の別出しをすることや平時から実施しておくべき内容を記載することなどがあった。

### (2) 事務所版タイムラインの検証

暫定版ではあるが、各課の意見を取り入れてタイムラインが完成した(図-6)。琵琶湖河川事務所では2020年10月に台風第14号による出水対応があったため、タイムラインを活用し検証を行った。

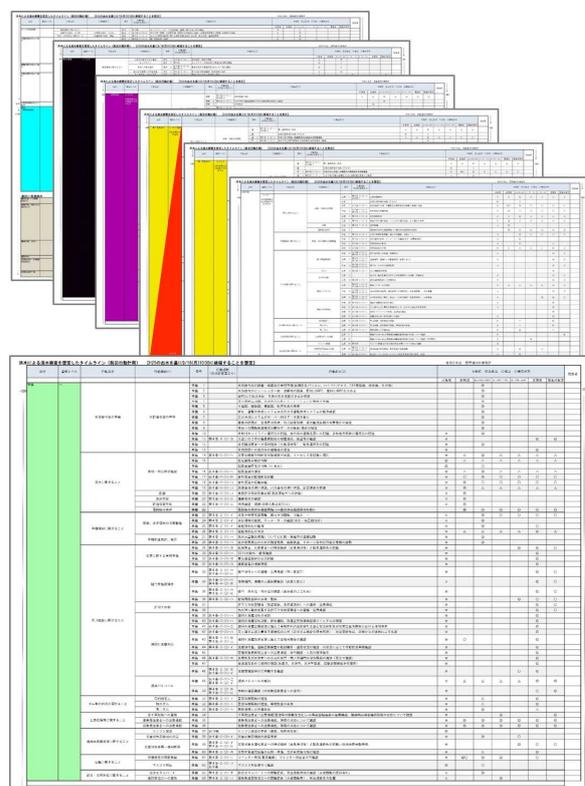


図-6 タイムライン暫定版

a)10月の台風第14号による出水

2020年10月の台風第14号では、瀬田川の水位(関ノ津水位観測所)が0.38m、野洲川の水位(野洲水位観測所)が2.17mまで上昇し、滋賀県内の一部地域に大雨警報(土砂災害)が発令された。琵琶湖河川事務所においては注意体制を発令し、災害対応を行った。

b)事務所版のタイムラインの活用

この台風では災害対応を行う職員全員が事務所版タイムラインに沿って行動した。班長会議を開催し台風進路予報による最接近3日前から周知することによって、各班が72時間前からタイムライン(準備区分)の行動細目を実施し、注意体制を発令した段階からタイムライン(注意体制区分)の行動細目を実施しそれぞれチェックを付けた(図-7)。

また、班長会議にてタイムラインの行動細目を1つずつ読み合わせ、各項目を実施しているかの確認を行った(図-8)。



図-7 タイムライン行動細目の実施確認



図-8 体制発令中の班長会議状況

c)検証結果

2020年10月の台風第14号にて事務所版のタイムラインを活用することによって、台風到達の3日前から予報円のどこを通過するか分からない状況で土日夜間の体制を整えていたため、スムーズな対応をとることが出来た。しかし一方で、多くの課題や問題点も噴出した。代表的な課題とその対応策について下記のとおりである。

【Q1】体制要員の再確認及び参集(待機)連絡について、体制規模を想定可能であるのは総合対策班のみであり、総務班は主担当ではないのでは。

【A1】総務班は職員の家族の安否や健康、超勤の確認、給食の手配など体制要員の管理を担当している。また、災害対策部運営計画書のP3-1「風水害対策部運営計画第4条の1-(1)-ロ」によると総務班が要員の招集を行うこととなっている。よって、要員の配備動員計画は総合対策班が行うが、要員の招集は総務班が行うようにタイムラインに明記する。

【Q2】災害体制表(風水害)の各体制における班別要員数の見直しも必要ではないか、ミッションに対して要員数が過大であるように感じる。特に事務所においても実質的な作業がない場合は「自宅待機」も可能とすべきではないか。

【A2】台風の前報円のどちらに來ても、予想外の降雨が來ても対応出来るように3日前から3パターンほどの体制を想定している。なお、琵琶湖河川事務所河川関係風水害災害体制要員配備・業務内容表の注意書きには「本表は標準的なものであり、人員の配置にあたっては災害の状況により弾力的に運用するものとする。」と記載がある。

【Q3】「準備-8 体制要員の再確認及び参集(待機)連絡」及び「準備-17 体制要員の確保」について、琵琶湖河川事務所においては、洗堰操作を災害と同時期に実施する可能性があるため、洗堰操作に必要な要員も考慮した要員の配備動員計画をお願いする。

【A3】管理課の瀬田川洗堰操作対応のメンバーと調整する。

4. 災害対策部運営計画書の修正

2020年10月の台風第14号にて実施したタイムラインの検証によって、災害対策部運営計画の見直しが必要であることが判明したことにより、以下の通り、計画書を修正することにもつながった。

(1) 連絡系統図の修正

調査課では災害対策部運営計画書を作成している。一方、管理課では瀬田川洗堰の要員確保や巡視計画、操作のタイミング、連絡手法などを取りまとめている。その2課の連携不足のために災害対策用の要員と瀬田川洗堰の巡視要員が重複していた等の問題が確認された。今回、



# 都市型河川である一級河川米川の 治水安全度向上に向けた取り組みについて

石谷 貴英<sup>1</sup>・門脇 広和<sup>2</sup>

<sup>1</sup>公益財団法人滋賀県建設技術センター 技術課

<sup>2</sup>滋賀県長浜土木事務所 河川砂防課

長浜市の中心市街地を流れる一級河川米川では、平成20年7月18日午前7時から8時の1時間に、県長浜雨量観測所(長浜土木事務所：当時「湖北地域振興局」長浜市平方町)において、84mmの雨量を観測した。この豪雨により、長浜市街では家屋や店舗など11戸が床上浸水、203戸が床下浸水する被害が発生した。この浸水被害は、地面の大半がコンクリートの建物やアスファルトの道路で覆われているため、雨水が地下に浸透しにくくなっている都市型水害の典型であると考えられる。住宅が近接する米川においては、河積の拡大(拡幅・引き堤)による流下能力の確保が難しいことから、現況河川の流下能力以上の洪水を一時的に貯留する遊水地の整備することを計画していると同時に米川流域治水対策協議会のもと、水防活動支援等のソフト対策にも取り組んでいる。このような洪水をハード、ソフトの両面から安全に流下させる取り組みについて、本稿で報告する。

キーワード 遊水地, 浸水被害, 整備計画, 米川流域治水対策協議会

## 1. はじめに

図-1のように、長浜市の中心市街地を流れている一級河川米川は、長浜市川崎町を起点とし、長浜市の中心市街地を南西に向かって流れ、琵琶湖に流入している。流域面積は約1.5km<sup>2</sup>、幹線流路延長は約3.7kmの一級河川である。流域内は家屋が近接しており、黒壁スクエアをはじめとする観光施設やJR長浜駅、湖周道路といった交通拠点が位置している。



図-1 米川位置図

## 2. 治水上の課題と水害履歴

### (1) 治水上の課題

米川沿線は、写真-1より、家屋や店舗が近接しているため、河川の拡幅が困難である。また地面の大半がコンクリートの建物やアスファルトの道路で覆われているため、雨水が地下に浸透しにくく、降雨により生じた雨水の大半が米川に集まってしまう状況である。地下水位が高く既設の石積みも老朽化しているため、河道の切り下げも困難である。



写真-1 中心市街地を流れる米川の様子

(2) 流下能力

流下能力については、流域面積から10年に1度の降雨を目安とした場合、図-2に示すとおり、計画流量を下回る区間が存在することがわかる。

(3) 水害履歴

地球温暖化に伴う気候変動により、集中豪雨の激甚化、大規模水害の発生が懸念される中、実際に米川流域で発生した水害履歴について述べる。<sup>1)</sup>

a) 平成20年7月18日

午前7時から8時の1時間に、県長浜雨量観測所(長浜土木事務所：当時「湖北地域振興局」長浜市平方町)において、84mmの雨量を観測した。浸水被害は、床上浸水11戸、床下浸水203戸であった。道路側溝や水路等の排水能力を超えた雨水が道路に溢れ、駅前周辺(特に北部)が冠水したと想定されている。周辺に地盤高の低い田圃や公園のあるところでは、一時雨水が貯留されたため、住宅地に被害を与えることはなかったものの、そのような貯留されるところがない市内中心部の駅前通りでは約20cm、湖岸通りでは約10cm以上の冠水が発生した(写真-2参照)。一帯を冠水させた雨水は、水路や道路伝いに流下したものの、米川で越水し、水引が遅れることで被害を被ったと考えられる。この被害は、米川の流下能力不足と屈曲部が連続している構造上の特性が要因の一つだといえる。

b) 平成22年9月22日

長浜雨量観測所29mm/h、累加雨量42mmを観測し、浸水被害は、神前町の米川米穀店前の米川が溢れ、床下浸水15戸であった。一時的な集中豪雨で市街地の米川の水位が急上昇し、川底が浅いことから「はん濫多発地区」となっている店舗の前で道路に河川水が溢れ出した。

c) 平成26年8月15日

県長浜雨量観測所では累加雨量51mmを観測した。浸水被害は、神前町、宮前町、大宮町、元浜町、高田町の5町で床下浸水66戸であった。米川から溢れた雨水が側溝を逆流して、マンホールから噴き出す現象が、大手門通り商店街などで発生し、河川沿いの道路が一気に冠水した。



写真-2 平成20年7月18日浸水状況(長浜市役所提供)

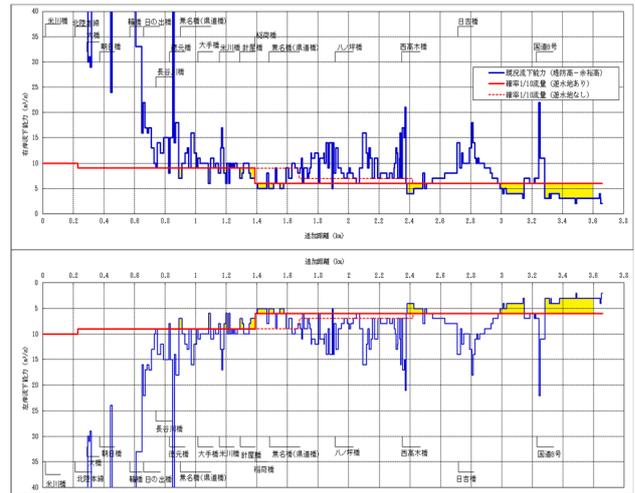


図-2 流下能力図(黄色着色部が流下能力不足)

3. 米川流域治水対策協議会について

度重なる浸水による被害を受け、平成29年6月18日に滋賀県知事による現地視察が行われた。その中で地元住民より、行政からの積極的な情報提供や浸水対策の充実を求める声が上がリ、その後、平成30年3月5日に米川沿川の特に関係する自治会及び関係団体等や河川管理者である滋賀県、長浜市で構成する「米川流域治水対策協議会」が発足し、第1回の協議会が開催された。この協議会は、一級河川米川流域において、集中豪雨等により度重なる浸水被害が発生していることを踏まえ、関係機関が連携、協力して減災のための目標を共有し、ハード対策とソフト対策を一体的かつ計画的に推進することを目的としている。令和2年12月現在まで、4回の協議会、2回の幹事会を開催している。

(1) ソフト対策における水防活動支援について

ソフト対策として、写真-3のように「はん濫多発地区」である神前町の米川右岸(米川米穀店前)に長浜市の水防活動(土のう積み)の支援することを目的に平成30年度末に可搬式止水板を設置した。この施設は、洪水時米川からの越水を防止する施設であり、川沿いにパネルを設置



写真-3 止水版設置施設

する構造で、同年度末、長浜市に移管した。通常はH鋼が護岸の天端から突き出ている状態であり、出水時に長浜市職員と地元自治会が協力して止水板を設置する取り組みとなっている。これにより、今までの土のう積みよりも迅速に嵩上げによる浸水対策がとれるようになった。また、平成28年3月に当該箇所上流部にて長浜市が簡易水位計の設置をおこない、水位情報を関係機関にメール配信するなど水防活動に活かされている。

こうした支援を交えながら、雨量・水位情報の伝達手段の充実をはかり、引き続き沿川自治会での水防教育の実施を進めることで、減災に向けた水防意識の向上が重要であると考えられる。

## (2) ハード対策の比較検討

米川流域において集中豪雨等により度重なる浸水被害が発生していることを踏まえ、流域全体で実現可能な対策について総合的に評価し、対策工の選定を行った。米川において流下能力が不足している箇所を改修することが、まず第一の対策として考えられ、検討を行った。しかし、米川の改修のみで10年確率規模流量に対応する場合、パラペット高さが1mを超えるため、既設橋梁桁を上げる必要があり、かつ景観を損なう恐れがある。また、家屋が近接する箇所では、河道内にパラペットを設置するなどの対策が必要となり、現状の河道幅より狭くなる。河床の切り下げ掘削は、琵琶湖の排水区間が上流へ延伸し、河道内の水が滞留しやすい状況となるとともに、既設橋梁等の橋脚の根入れ対策が必要となる。そのため、米川の改修は実質的に困難である。

次に、バイパス水路の整備として、施工性・維持管理性より、暗渠の自然流下圧力方式を採用し、コンクリート管渠(φ2.6m)で検討を行った。バイパス水路案は、地下埋設の調査・移転を要すること、かつ道路や観光地、宅地やJRへの影響が懸念されることから、整備期間が長期に及ぶ。また施工費用については、他と比較すると高額になる。

米川沿川にて住宅が密集していない土地等を遊水地として活用し、検討を行った。その結果、2箇所の遊水地を整備し、他案と組み合わせることで10年確率規模流量に対応可能となった。ここで遊水地とは、流量の一部を貯留し、下流のピーク流量を低減させ洪水調節を行う施設であり、越流堤を設けて一定水位に達した際に洪水流量を遊水地へ越流させて洪水調節を行う設備のことである(図4参照)。設定条件として、排水施設を整備するとポンプ等の設置・維持管理費が高額となるため、遊水地に滞留した水が、米川の水位が下がった際に自然流下する規模とした。

ここで他案と組み合わせた遊水地整備が本流域において治水効果および実現性の高い対策と位置付け、検討を行うこととした。

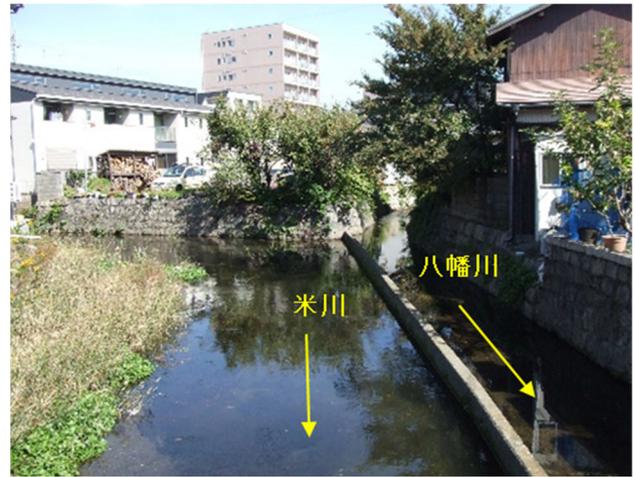


写真4 背割堤の様子



図3 米川における各設備の位置関係

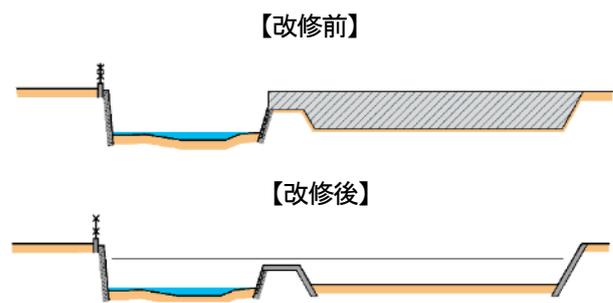


図4 遊水地イメージ

## (2) 整備計画について

図3のとおり、米川は普通河川八幡川と背割堤で分水しており、その上流部にて八幡川は既存の都市下水路と接合している。八幡川の水をこの都市下水路へ分水させ、八幡川に流れる水量を減少させることで、写真4のような背割堤で米川から八幡川へ渡る水量を増やし、結果的に米川下流部の浸水被害の軽減を図ることができる。短期的な対策として、この分水能力向上の整備を進めつつ、

中期対策として遊水地整備をすることで10年確率規模降雨にて米川流域に浸水が発生しないよう進めていくこととした。

米川沿川にて株式会社三菱ケミカル滋賀事業所(以下三菱ケミカル)が約10,000m<sup>2</sup>のグラウンドを有しており、遊水地の候補地として、当該地を遊水地として活用することを検討した。

## 5. 三菱ケミカルとの基本協定締結

米川の治水安全度向上のためには遊水地整備が有効な手法であり、遊水地整備においては三菱ケミカルグラウンドの効果が非常に大きいことから、三菱ケミカルと県、長浜市との間で、グラウンドを遊水地として活用するための協議を浸水被害の直後を受けて、平成20年度から進めてきた。

そのような中、「一級河川米川の治水事業に関する基本協定」を令和2年3月30日に三菱ケミカルと県、長浜市との間に締結するに至った。

この協定の中では、三菱ケミカルが自社のグラウンドを米川の治水事業のための遊水地とすることに同意し、今後は三者が連携・協力して遊水地整備を進めていくこととしている。

これまでの三者協議の中で、当該グラウンドの所有権は三菱ケミカルが有し続け、かつ遊水地整備後もグラウンドとして利活用ができる機能を確保することとしている。こういった民間企業と連携した治水対策は、県では初めての事例となる。基本協定の締結と同時に遊水地整備イメージ図とともに記者発表を行い、多くの新聞に掲載された。

## 6. 今後の取り組みと課題について

三菱ケミカルや長浜市との基本協定は締結したが、本格的な設計はこれからであり、遊水地の詳細構造の決定を進めていくにあたり、水理解析をより詳細に実施し、洪水のピークカット量や堰高等の詳細を詰めていくことが必要である。また、設計にあたり、測量調査および土質調査(地層構成、土質特性、地下水位の把握)を行い、浸水頻度を少なくする工夫等、遊水地整備後の利用に配慮した構造、近隣住宅への影響を考慮した施工計画を検討する必要がある。併せて、民間企業地における権利設定の内容や、浸水時の補償方法等も三菱ケミカルや長浜市と協議を重ねていく必要がある。

現在、令和2年度中に湖北圏域河川整備計画の変更を行う計画であり、米川を新たに整備実施区間とすることとしている。短期的な対策となる都市下水路活用、中期対策となる遊水地整備によるハード対策と水防活動支援のようなソフト対策の両面より治水安全度を向上させ、米川流域治水協議会を通して、密に連携を図ることが今後の重要な取り組みとなってくる。

**謝辞:** 本報告書の作成において、株式会社三菱ケミカル滋賀事業所様、長浜市役所道路河川課様に御礼申し上げます。また併せて遊水地整備イメージ図を描写いただいた曾我技師にも御礼を申し上げ、感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 集中豪雨から学ぶ2008.7.18長浜市における短時間強雨による水害調査報告書(滋賀県土木交通部河港課、滋賀県土木交通部流域治水政策室、滋賀県防災危機管理局、滋賀県湖北地域振興局、長浜市、彦根地方気象台)

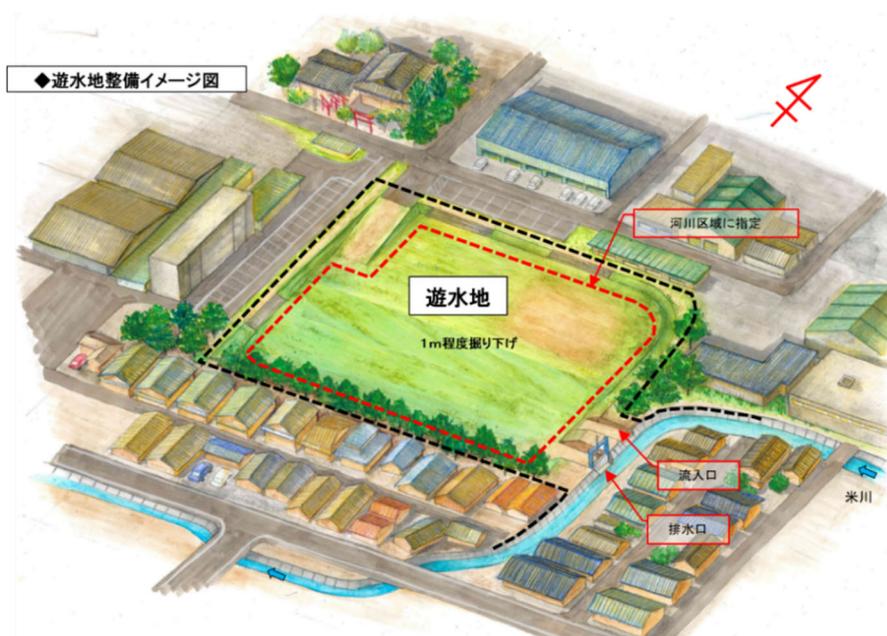


図-5 三菱ケミカル遊水地イメージ図

# 降雪時における広報について

名嘉 雅哉<sup>1</sup>・田中 亮志<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>近畿地方整備局 道路部 道路管理課 (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前1-5-44)

近畿地方整備局管内においては、令和3年1月7日から13日にかけての短期集中的な降雪により、福井県内の北陸自動車道、国道8号、中部縦貫自動車道において、大規模な渋滞や滞留が発生した。それを受け、今後早急に行う対応のひとつとして「広報手段の多様化、具体化、多頻度化」「荷主への広報強化」「広報体制の強化」を行うこととした。

その後、1月28日、2月17日の降雪時に実施した広報による対応及び、対応を踏まえた今後の課題について検討結果を報告する。

キーワード 大雪、降雪、通行止め、通行規制、広報

## 1. はじめに

近畿地方整備局では、管内（福井県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県）で約1,930kmの道路を管理しており、そのうち約555km（管内の29%）が積雪地域であり、積雪地域内の道路を5つの事務所で管理を行っている。

近畿管内では、過去に数々の雪害対応を行ってきたが、特に平成30年2月には、福井県を中心とした大雪に見舞われ、大規模な通行止めと車両の滞留が発生した。その経験を踏まえ福井県冬期道路情報連絡室を中心に、備えを行っていたが、その後大きな降雪がなく2シーズンが過ぎた。

その様な状況の中、令和2年度は全国的に降雪が多く、近畿地方整備局管内においても2シーズンぶりに福井県を中心とした大雪が発生し、大規模な滞留車両等が発生したため、福井県冬季道路情報連絡室にて急遽今後の対応を取りまとめた。

今回はその中でも広報、情報提供について、その後の降雪時の取り組み及び、今後の課題等について検討結果を報告する。

## 2. 2シーズンぶりの大雪

令和2年度はラニーニャの影響により全国的に多くの大雪が発生した。

近畿地方整備局管内においても、令和2年1月7日から13日にかけての福井県内の大雪により、北陸自動車道（武生IC～加賀IC）が通行止め。大型車のスタック等を契機に、約1,600台の滞留が発生。災害対策基本法に基づく区間指定を行い、警察、自衛隊、福井県の協力による物資配布、渋滞後尾からのUターン等による車両救出及び除雪作業を実施した。

また、北陸自動車道の通行止めに伴い、並行する国道8号に交通が集中し、国道8号においても渋滞やスタック車両を起因とする車両滞留が発生。最大約15.5kmの渋滞が発生した。それにより緊急車両等の通行に支障をきたす恐れが高まったことから、災害対策基本法に基づく区間指定を行い、警察と連携した通行規制や自衛隊と連携した集中除雪、滞留車量の排出作業を実施や滞留車両乗員への支援として、自衛隊、福井県、坂井市及びあわら市と連携し、食料、水、簡易トイレ等を配布した。

更に、中部縦貫自動車道（E67）においてもトレーラー等、複数のスタック車両が発生し、約4日間に渡って集中除雪による通行止めを実施した。また通行止め区間内には41台の滞留車両が発生したため、除雪を行ったうえで自走による車両退出を急ぐとともに、乗員の長時間に渡る車中待機を回避するため、同意の得られた乗員を除雪基地や永平寺町支所へ救出。宿泊を希望される乗員については、ホテルを提供した。更に車中待機を希望する乗員へ食料配布等を実施した。



図-1 E8北陸自動車道(福井県)における大雪に伴う車両滞留



図-2 国道8号(福井県)における渋滞



図-3 E67中部縦貫自動車道(福井県)における滞留車両について



図-4 滞留車両への物資提供



図-5 スタック車両牽引状況

### 3. 大雪における課題と今後早急に行う対応

福井県において2シーズンぶりに発生した1月上旬までの大雪にて大規模な車両滞留等が発生したことを受け、令和3年1月15日及び1月25日に福井県冬期道路情報連絡室臨時会議を開催。北陸自動車道、国道8号、中部縦貫自動車道において発生した大規模な渋滞・滞留について、発生した課題と今後早急に行う対応を以下の通りとりまとめた。

#### (1) 躊躇ない予防的・計画的通行止めの実施

高速道路と並行する国道において、お互いの交通状況を意識し、同時の通行止めを躊躇したため、滞留及び渋滞が長期化した。

今後は「大雪に関する緊急発表」が発表された場合、事故、スタック等が生じていなくても、路面状況、積雪、降雪予測、周辺道路を含む交通状況等を踏まえ、短期集中的な除雪により安全な交通確保が困難になると認められる場合は、速やかに躊躇無く予防的通行止めを行う。また移動の自粛や広域迂回を呼びかけた上で、高速道路と並行する国道の同時通行止めを速やかに躊躇無く実施する。

#### (2) 情報収集に必要な人員及び機器等の増強

現場の滞留状況を確認する人員が十分でなく、更に悪天候によりヘリやドローンの飛行を断念したため、ICと一般道の接続部等、渋滞状況の把握が不十分であり、対応が遅れた。

今後は滞留車両の確認を専任で行うための要員を確保し巡回体制を強化するとともに、WEBカメラの増強など情報収集に必要な人員及び機器の増強を図る。

#### (3) 関係機関間の連絡体制構築

冬期道路情報連絡室に関係機関職員が常駐し時々刻々の情報を共有していたが、滞留台数やスタック車両の撤去見込みなどの重要情報及び現地の危機感について情報共有が十分ではなかったため、各機関において適切に情報が活用されなかった。また市町との情報共有が図れていなかった。

今後は冬期道路情報連絡室においても文字化した情報の共有やWEB会議の活用など、各機関へ確実に情報や危機感が共有されるよう努めるとともに、沿線自治体首長へのホットライン構築により、確実な情報共有を行う。

#### (4) 滞留者支援体制の強化

滞留者の安否確認や一時避難の意思確認について、人員不足により時間を要した。更に支援物資備蓄場所の情報共有や一時避難の輸送手段手配など慣れないオペレーションにより対応の遅れが生じた結果、全ての支援物資が行き渡らなかった。

今後は滞留者情報の把握に十分な要員確保、備蓄や各種手配に関する準備を行うとともに、滞留者への情報発信による情報共有の強化を図る。

#### (5) 広報、情報共有の強化

広報の対象、内容、頻度が不十分であり、特に荷主やマスコミに対してタイムリーに正確な情報を提供出来なかったため、十分な外出自粛や広域迂回に繋がらなかった。

今後は、HPやSNSの活用など、広報手段の多様化を多頻度かを図るとともに、各機関が連携し、経済団体等荷主への直接的な広報を行う。また広報体制を強化し、マスコミ報道を通じた正確な情報共有を行う。



図-6 第2回臨時会議開催状況

#### 4. その後の「広報、情報共有の強化」対応

令和3年1月25日のとりまとめ後、近畿地方整備局管内では1月28日から及び2月17日からの2回の降雪を経験した。この2回の降雪時に行った「広報、情報共有の強化」は以下の通りである。

##### (1) 記者発表及びHPやSNSによる事前広報

直轄国道、高速道路管理者連名で事前に外出自粛や広域迂回についての記者発表を行った。また、記者発表資料に荷主へのメッセージを新たに追加した。更に通行止め開始の予定時間や解除時間及び対象区間について、適宜HPやSNSで広報を行い外出自粛や広域迂回を促した。

##### a) 1月28日からの大雪時（通行止め20時間30分）

- 整備局、福井河川国道事務所、滋賀国道事務所

記者発表 : 11回  
 HP掲載 : 7回  
 SNS更新 : 34回

・NEXCO中日本  
 記者発表 : 28回  
 HP掲載 : 27回  
 SNS更新 : 56回  
 TVCM : 6回  
 ラジオ : 9回 (8局)

- 福井県

新聞掲載 : 1回 (2紙)  
 SNS更新 : 9回  
 Lアラート : 9回

- 福井県警察本部

交通情報板への表示  
 道路交通情報センターのラジオ放送 (3府県)  
 SNSによる渋滞情報等の配信

##### b) 2月17日からの大雪時（通行止め5時間30分）

- 整備局、福井河川国道事務所

記者発表 : 8回  
 HP掲載 : 7回  
 SNS更新 : 23回

- NEXCO中日本

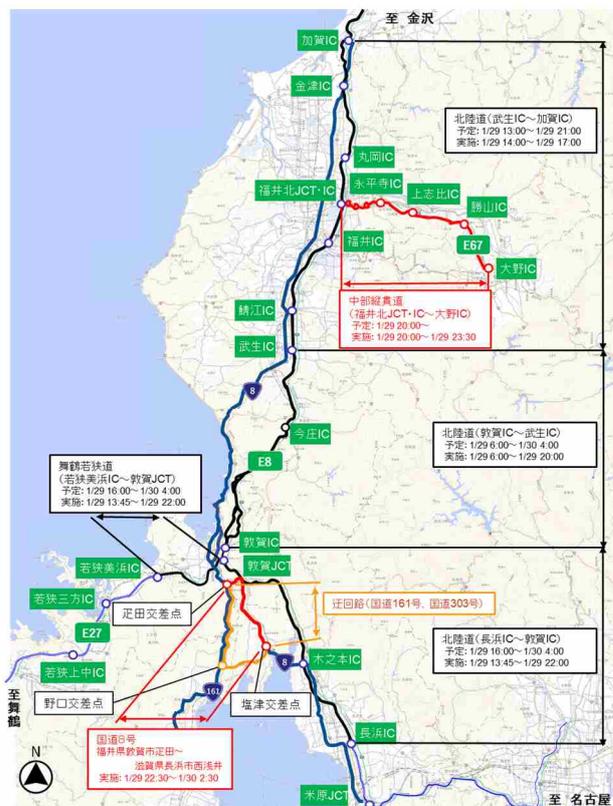
記者発表 : 19回  
 HP掲載 : 20回  
 SNS更新 : 45回  
 ラジオ : 4回 (3局)

##### (2) 広域的・直接的広報、情報共有

国土交通省では広域迂回や外出自粛を促すため、福井県内外以外にも、近畿地方整備局管内の2府4県はもとより隣接する整備局（中部、北陸、中国）と連携して広域的にトラック協会や商工会議所、倉庫協会、冷凍倉庫協会などへの広報を行った。

##### a) 1月28日からの大雪時

滋賀県、京都府、兵庫県、大阪府、奈良県、和歌山県、愛知県、鳥取県、島根県、岡山県、広島県、山口県、新潟県、富山県、石川県、福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県へ広報を実施



図ー7 1月28日からの大雪時通行止め状況



図ー8 2月17日からの大雪時通行止め

**b) 2月17日からの大雪時**

滋賀県、京都府、兵庫県、大阪府、奈良県、和歌山県、長野県、静岡県、岐阜県、愛知県、三重県、鳥取県、島根県、岡山県、広島県、山口県、新潟県、富山県、石川県、福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県へ広報を実施

**5. 「広報、情報共有の強化」の効果と課題**

1月28日及び2月17日からの降雪時に実施した「広報、情報共有の強化」の効果について検証結果は以下の通りである。

**(1) 近隣府県へのアンケート調査**

各府県のトラック協会・商工会議所に対して、実施した出控え及び広域迂回に対する広報が運送事業者や荷主に対して行動変容を促しているかを把握するため、アンケート調査を実施した。

**a) アンケート調査実施の詳細**

◇アンケート配布先

滋賀県、京都府、兵庫県、奈良県、和歌山県のトラック協会及び商工会議所

◇配布社数

1,386社

◇有効回答数

409社

**b) アンケートからわかったこと**

◇広報の認知

回答のあった409社中316社(約77%)が降雪時の広報を認知していたことから、広報手段は有効であると考えられる。しかし、アンケートの意見では「トラック協会からの連絡」、「新聞」、「JARTIC情報」、「LINE」、「Facebook」、「メール」、「冬期専用アプリ」、「ライブカメラ映像」、「Yahooニュース」など、様々な媒体を使った広報を望む声があったことから、今後広報の多様化について検討が必要である。

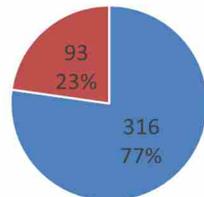
◇広報による行動変容

アンケートの結果、福井県への移動を回避する行動変容が起きた割合は約2割にとどまった。行動変容を行わなかった理由は「荷主との契約で運送が必要」が約7割を占め、荷主に対して更なる理解を求めることが重要である事がわかった。

◇冬用走行装備の意識付け

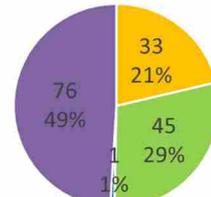
アンケート結果より、福井県内を走行した車両の約33%はノーマルタイヤ、またはチェーンの装備及び携行を行っていなかった。降雪時には冬用タイヤ+チェーンを装備、携行し、最大限の注意を行う様、冬用走行装備に対する意識付けを行う必要がある事がわかった。

道路利用自粛又は迂回広報をご覧になられましたか



■ 見た ■ 見ていない

福井県への移動を回避しましたか



■ 広報を見て回避した ■ 天気予報を見て回避した ■ 回避した(その他) ■ 回避しなかった

図-9 近隣府県へのアンケート結果

表-1 運送業者各社における冬用走行装備状況

冬用走行装備状況	社数	割合 (%)
ノーマルタイヤのみ	0社	0%
ノーマルタイヤ+チェーン	1社	1.2%
冬用タイヤのみ	26社	31.3%
冬用タイヤ+チェーン	56社	67.5%

**(2) 運送事業者 実態把握調査**

大雪時に関する運送事業者の実態を把握するため、福井県トラック協会が福井県内運送事業者(トラック協会会員)へ行ったアンケート結果は以下の通りである。

**a) 実態把握調査の詳細**

◇アンケート配布先

福井県の運送事業者(トラック協会会員)

◇配布社数

480社

◇有効回答数

119社

**b) 実態把握調査によりわかったこと**

◇冬用走行装備について

1月7日からの大雪時、滞留に巻き込まれた車両について、冬用走行装備状況を確認したところ、全車がスタッドレスタイヤを装備していたが、うち56%の車両がチェーンを携行してはいるものの、装備を行っていなかった。

◇運送の強要

1月7日からの大雪時に荷主等から運送の強要があったかという問に対し、約24%の事業者が、強要があったと回答。「断った結果クレームに発展した」や「強要され無理に運送した」といった情報も明らかになった。

◇道路交通情報の入手方法

運転手の約56%がインターネットにより情報を入手しており、その他ではTV(約15%)や会社や他の乗務員等からの連絡(13%)により情報を入手している事がわかった。

## 6. まとめ

1月上旬までの大雪を受け、今後大雪時には高速道路との並行区間においても躊躇なく通行止めを行う事となっており、広域的な迂回を促し、対象地域内への移動を回避させるための広報がより重要となってくる。

その様な状況の中、降雪時における広報について、以下の様な対応が必要と考える。

### (1) 多様な情報提供

大雪に関する啓発広報を広く伝えるため、多種多様な手法を使った広報が求められている。特に、これまでの記者発表やHP掲載の様に、記事に取り上げられたり、利用者がHPを見に来ないと情報発信出来ないプル型広報ではなく、各種ニュースサイトやSNSの広報欄などを活用したプッシュ型広報で情報を発信し、雪への意識が低い利用者への情報発信が効果的と考える。

その為、Lアラートの更なる活用やインターネット有料広告等の活用を充実していく事が必要である。

### (2) 荷主等への理解

実際に運送事業者が出控え等の行動変容を起こすため不可欠な荷主への理解を求めるための広報が重要である。

今後は商工会議所や各種経済団体等を通じ、荷主への直接的広報を行うとともに、一般の運送サービス利用者を含めた、より広い範囲を対象とした広報を行う事により、降雪時の行動変容について浸透させていくことが重要である。

### (3) 冬用走行装備の活用

各種調査の結果、運送事業者についても冬用走行装備はまだまだ意識付けが必要であり、特に大雪時には冬用タイヤ+チェーンの装備率を高めていく必要がある。

また、チェーンに関しては携行はしているが、装着していない車両が非常に多い。チェーンは雪のない道路の走行には不向きである事から、出発時に装着することが難しい場合が多く、装着率を上げるためには積雪想定区間前後へのチェーン着脱場整備が必要と考える。

上記の様に、今回の一連の大雪により、今後対応を行うべき様々な課題が明らかになった。この様な課題にたいし、早急に対応を行い、次の降雪シーズンには道路利用者の行動変容が実際に起きるよう準備が必要となる。また更に、大雪等の気象災害は毎年起きるとは限らないため、今回の経験や検討結果を常に振り返り、風化させず対応を継続していく事で、次の大規模な降雪に備えていくことが重要である。

# 一庫ダムにおける洪水調節機能の強化に向けた取り組み

川上 貴宏<sup>1</sup>

<sup>1</sup>独立行政法人水資源機構 一庫ダム管理所 (〒666-0153兵庫県川西市一庫字唐松4-1)

一庫ダムでは、平成30年7月豪雨にて、管理開始以降初となる異常洪水時防災操作を実施した。これをきっかけに、洪水調節計画を最大放流量150 m<sup>3</sup>/sの暫定操作から、下流河川整備による流下能力の向上に応じた200 m<sup>3</sup>/sに見直すとともに、利水リスクに配慮した独自の事前放流ルールを新たに設定するなど、一庫ダムの洪水調節機能を最大限活用するための調整を短期間で精力的に進めてきた。本稿は、異常降雨の頻発化に伴い国土交通省が2019年12月に定めた「既存ダムの洪水調節機能の強化に向けた基本方針」に先立ち進めてきた、一庫ダムの洪水調節機能強化の取り組みについて報告するものである。

キーワード 異常降雨の頻発化、洪水調節計画変更、事前放流、特別防災操作

## 1. はじめに

一庫ダムの洪水調節計画は、当初は100年に1回発生する規模の洪水に対応できるように、最大放流量650 m<sup>3</sup>/sまで増量させるものであった。しかし、管理開始直後の1983年9月の出水で、洪水調節計画に基づく操作を実施したものの、下流の銀橋上流左岸側を中心に多数の浸水被害が出た。その後も浸水被害が発生したことを受け、現状の河川整備の状況を踏まえ、2000年に中小規模洪水等に洪水調節効果が発揮できるよう、ダムからの放流量を最大150 m<sup>3</sup>/sとする暫定操作を導入した。

その後、ダム下流河川の整備が進み流下能力が向上したこと及び平成30年7月豪雨時には管理開始以降初めて異常洪水時防災操作を実施したことなどを受けて、洪水調節方法の変更の検討及び調整等を行い、2019年度の洪水期より最大放流量を200 m<sup>3</sup>/sに変更した。

また、事前放流の要領化も並行して検討・調整し、2019年9月より運用を開始している。本稿は、これらの洪水調節機能の強化の取り組みについて報告する。

## 2. 洪水調節計画変更の経緯

### (1) 従前の洪水調節計画

一庫ダムの洪水調節方法は、2000年に200 m<sup>3</sup>/s洪水調節開始、最大放流量650 m<sup>3</sup>/sの一定率一定量放流方式から150 m<sup>3</sup>/s一定量放流方式へ変更されている(図-1)。こ

れは、ダム下流河川の流下能力に応じた中小規模洪水に効果を発揮する暫定的な操作(治水安全度1/19)であった。これにより、ダム下流の洪水被害を軽減してきたが、その一方でダムの貯水容量が早く満杯になる危険性も併せ持っていた。

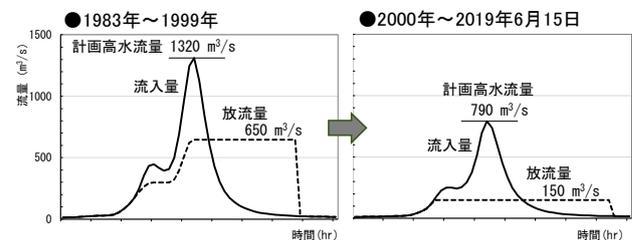


図-1 従前の洪水調節計画図

### (2) 経緯

#### a) 河川改修の進捗

2000年変更の洪水調節方法は暫定的な操作であり、2009年3月に策定された淀川水系河川整備計画においては、猪名川下流の治水安全度を低下させない範囲で狭窄部の開削を実施し、あわせて一庫ダムの操作方法を見直すこととされ、一庫ダムとしては暫定操作解消に向け、河川改修工事の進捗を待っている状態が続いていた。

川西市の多田大橋～銀橋直下にかけて(図-2)は治水安全度が特に低く、河川管理者である兵庫県宝塚土木事務所により河川改修、築堤工事が順次行われている。2016年度には、猪名川の狭窄部である銀橋地点の一部開削工事が実施され、銀橋地点の流下能力が向上した。



図-2 ダム下流位置図及び銀橋の開削状況

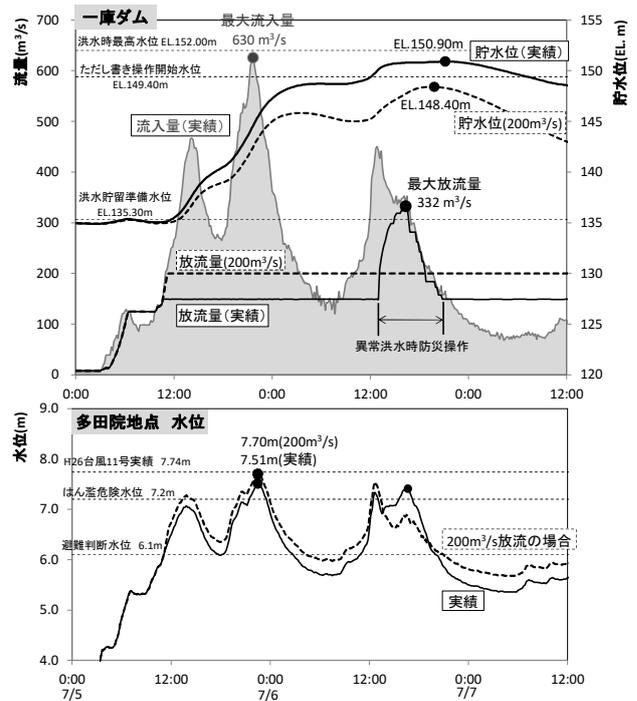


図-3 平成30年7月豪雨 シミュレーション結果 (実績及び放流量200 m³/sの場合)

**b) 最適なダム最大放流量の検討**

河川改修の進捗を受け、国土交通省近畿地方整備局猪名川河川事務所（以下「猪名川河川事務所」という。）において猪名川全体の治水安全度の検討及び最適なダム最大放流量の検討が行われた（詳細は「3.」に記述）。検討の結果、ダム放流量を現行の150 m³/sより200 m³/sに変更したケースで猪名川全体として年平均被害額が最小となることから、猪名川河川事務所、一庫ダムにおいて、ダム放流量変更の下協議を2017年夏より開始した。

**b) 一庫ダム初の異常洪水時防災操作の実施**

そのような状況において、管理開始以降最大の流入量（630 m³/s）を記録する「平成30年7月豪雨」が発生した。一庫ダムは、4山の長時間降雨により洪水調節容量を使い切り、管理開始以降初の異常洪水時防災操作を実施した。異常洪水時防災操作中におけるダムからの放流量は、最大332 m³/sとなったが、幸いにして浸水被害等は発生しなかったものの、異常洪水時防災操作の危険性を再認識することとなった。

また、出水後に実施した7月豪雨の検証において、200 m³/s放流で洪水調節した場合（図-3）、異常洪水時防災操作に移行せず、多田院地点の水位も過去実績ではん濇が発生しない水位（2014年台風11号で記録した7.74m）以下に抑えられることがわかり、放流量変更に向けた動きが一気に加速することとなった。

**(3) 関係機関協議**

前述の経緯を踏まえ、速やかに洪水調節機能の強化を図るため、2018年11月5日の猪名川河川事務所、兵庫県及び一庫ダムの三者会議にて、放流量変更に向け協力し

て進めていくことで合意した。その後、2019年1月にかけて関係府県、沿江市町、関係利水者へ下協議を実施し、2019年2月14日の国土交通本省への説明を終えすべての下協議を終了した。2019年2月25日に水資源機構理事長より関係府県、利水者へ一庫ダム施設管理規程の変更について正式に協議を行い、2019年3月27日までにすべての者より同意が得られた。

2019年5月14日に水資源機構理事長より国土交通大臣へ施設管理規程の認可申請を行った。申請後、自治会長、地元住民を対象に計3回説明会を行ったが、特に反対意見等はなかった。2019年6月12日、国土交通大臣から施設管理規程が認可され、同日に施設管理規程細則が、翌日にただし書き操作要領がそれぞれ変更・制定された。

以上のとおり、関係機関の協力もあり短期間で洪水調節計画を変更することができた。

**3. 最適なダム放流の検討**

河川整備計画で検討された主要6洪水を対象に、確率規模別に4ケース（現行操作150m³/s・200m³/s・250m³/s・345m³/s）の放流量で流出計算及びはん濇解析を行い、最適放流量を検討した。検討に当たっては、前回の洪水調節計画変更時<sup>1)</sup>と同様の方法を適用した。

○ 基本方針

下流洪水被害量を最も低減できる効率的で効果的な洪水調節方式を採用。

○ 制約条件

- ①下流の猪名川などの治水安全度を低下させない。
- ②実績洪水に対し浸水面積等の被害量を増加させない。
- ③ダム洪水調節前に下流の住戸が浸水しない。

(1) 放流量別の被害状況比較 (基本方針)

前回改定時の検討方法を踏襲し、猪名川工事実施基本計画の対象3洪水(1953年9月台風13号, 1960年8月台風16号, 1967年7月前線)において、確率規模毎の被害量(浸水家屋数, 浸水面積, 被害額)を用いて年平均被害量を算定した。図-4より放流量200m<sup>3</sup>/sのケースで年平均被害量が最小となった。

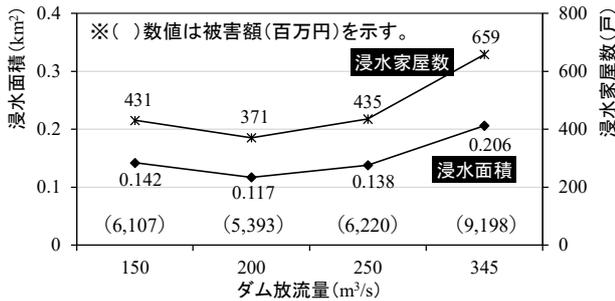


図-4 年平均被害量 (工実3洪水平均)

(2) 下流河川の治水安全度の評価 (制約条件①)

1953年洪水において、現況流下能力算定結果とダム操作別の流出計算結果から、ダム放流量変更時の下流河道の治水安全度を評価した。算定した治水安全度一覧を表-1に示す。治水上ネックとなる猪名川指定区間において、200 m<sup>3</sup>/s放流時に治水安全度が最も向上する一方、250 m<sup>3</sup>/s・345 m<sup>3</sup>/s放流時は現行より低下した。

表-1 下流河川の治水安全度 (1/年)

区間	ダム放流量				
	150m <sup>3</sup> /s	200m <sup>3</sup> /s	250m <sup>3</sup> /s	345m <sup>3</sup> /s	
猪名川直轄区間	0.0~7.4k	75-149	98-185	87-200	67-192
	7.6~11.4k	94	136	<b>185</b>	165
	9.6~12.8k	76	103	<b>128</b>	121
	11.6~12.2k	79	109	136	<b>137</b>
猪名川指定区間	12.4k~No.140	35	50	46	28
	No.144~182	28	<b>32</b>	25	15
	No.186~	24	<b>28</b>	20	11
一庫大路次川	No.8~67	85	127	171	<b>200以上</b>
	No.68~130	21	34	50	<b>75</b>

※灰色着色部は、現行より治水安全度が低下

(3) 実績洪水に対するはん濫被害 (制約条件②)

主要6洪水の実績規模において、4ケースの放流量別に総合的な評価指標である治水経済調査により、被害額・床上床下浸水世帯数・浸水面積を算出した。表-2に浸水家屋数を示す。

1960年洪水は、いずれの放流量においても異常洪水時防災操作に移行し、直轄区間・指定区間ともに浸水家屋

表-2 実績規模洪水における浸水世帯数・浸水面積

実績洪水		ダム放流量			
		150m <sup>3</sup> /s	200m <sup>3</sup> /s	250m <sup>3</sup> /s	345m <sup>3</sup> /s
1953.9	床上	0	0	0	0
	床下	0	0	0	0
	浸水面積	0	0	0	0.009
1960.8	床上	9,744	2,582	3,281	19,787
	床下	15,286	3,753	3,339	15,478
	浸水面積	8,753	2,604	2,555	11.081
1967.7	床上	0	0	0	6
	床下	0	0	0	1,627
	浸水面積	0	0	0.001	0.524
1972.9	床上	0	0	0	0
	床下	0	0	0	0
	浸水面積	0	0	0	0.005
1983.9	床上	0	0	35	76
	床下	2	51	61	157
	浸水面積	0.025	0.065	0.088	0.174
2004.10	床上	0	0	0	0
	床下	0	0	0	5
	浸水面積	0	0	0	0.033
浸水世帯合計		25,032	6,386	6,716	37,136
浸水面積合計		8,778	2,669	2,644	11.826

※床上・床下は世帯数、浸水面積はkm<sup>2</sup>

数が多いが、洪水波形が二山であり放流量増量やピーク流量発生タイミングにより放流量150m<sup>3</sup>/sと345m<sup>3</sup>/sのケースで被害が増大する。

一方、1983年洪水は猪名川指定区間のみで被害が発生し、現行操作よりも浸水面積・戸数が増加する。本洪水は前回の放流量改定に至った洪水であることから、湛水深を詳細に確認したところ、放流量200m<sup>3</sup>/sのケースでは最大0.215mに対し、250m<sup>3</sup>/sのケースは0.5m以上となり、床上浸水の評価基準高0.45mを超過した。また、浸水面積は、前回検討時(150m<sup>3</sup>/s放流時に0.369km<sup>2</sup>)より改善される。なお、現在工事中の銀橋上流右岸地区の河川改修が完了した後は、1983年実績洪水において、放流量200m<sup>3</sup>/s時に浸水は発生しない見込みである。

(4) ダム調節前の下流の浸水状況 (制約条件③)

下流の最小流下能力を超え浸水開始する時のダム流入量が386m<sup>3</sup>/sと河川整備基本方針における一庫ダムの計画放流量345m<sup>3</sup>/sを上回っているため、150~250m<sup>3</sup>/sの放流では下流の浸水に悪影響を及ぼさない。

以上の検討より、200 m<sup>3</sup>/s一定量放流が基本方針、制約条件を最も満たす洪水調節方式となった。これにより、ダムの治水安全度は1/29に向上することになる。変更後の洪水調節計画を図-5に示す。

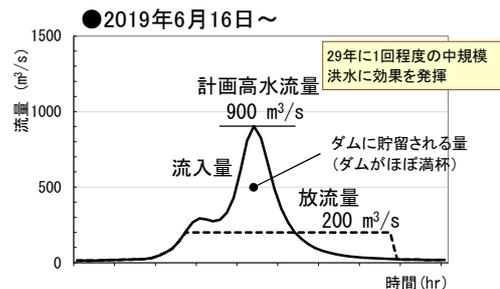


図-5 変更後の洪水調節計画図

#### 4. 洪水調節機能強化の取り組み

##### (1) 事前放流

平成30年7月豪雨を受け、同年12月14日に国土交通本省より発出された「異常豪雨の頻発化に備えたダムの洪水調節機能に関する検討会の提言(案)」において、直ちに対応すべきメニューとして示された「事前放流」について、兵庫県の意向も踏まえ放流量変更と並行して検討を行った。

事前放流とは、大規模出水が予測された場合に、ダム容量の一部を洪水の発生前に放流し、洪水調節容量を一時的に増やす操作である。これにより、異常洪水時防災操作を回避もしくは移行の遅延を図り、ダム下流の浸水被害の軽減及び避難時間をかせぐことができる。一庫ダムは、洪水調節計画変更後も引き続き暫定操作となることから、更なる安全度の向上策として効果が期待される。

一庫ダムでは、事前放流実施要領を2019年8月30日に策定し、9月1日より運用を開始している。事前放流はダム流域の実績雨量と気象庁MSMモデルの33時間先までの予測雨量の合計が195mm以上となる場合に実施し、最大放流量は100m<sup>3</sup>/sである。事前放流するダム貯水量は、堆砂容量内で利用可能な最大約150万m<sup>3</sup>(洪水貯留準備水位以下2.0mに相当)に設定し、利水への影響に配慮している。これにより、ダムの治水安全度が1/36相当に向上する。

その後、令和元年東日本台風により全国的に大きな被害を受けたことから、既存ダムの洪水調節機能強化に向けた検討会議(2019年12月)において示された基本方針に基づき、第2回既存ダムの洪水調節機能強化に向けた協議の場において、2020年5月29日に「治水協定」が締結された。協定では事前放流ガイドライン(2020年4月)に基づき、洪水調節容量の不足が生じる場合は、最大3日前からその不足分を事前放流する(図-6)こととしており、当初策定した実施要領に治水協定に基づく新たな事前放流ルールを追加し、2021年3月15日に要領を改定した。

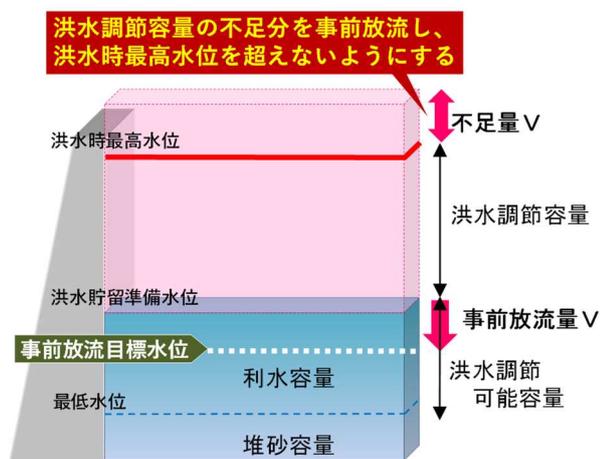


図-6 治水協定に基づく事前放流の概念図

##### (2) 特別防災操作

一庫ダムでは、従前より下流河川の生命・財産に重大な被害が想定される場合に、河川水位低減を目的として、洪水調節中であってもダムの治水上の安全性が確保できる状況であることを前提として、ダムの放流量を減じる「特別防災操作」を実施している(図-7)。これまでに、流入量のピーク前にダム放流量を減じる操作を3回、流入量のピーク確認後の減量操作を3回実施している。

下流河川整備が進捗途上であること、また猪名川本川には洪水調節施設がないことから、雨の降り方によってはダム放流量200 m<sup>3</sup>/sでも浸水被害が発生する可能性があり、特別防災操作は被害軽減に有効な操作である一方、ダムにとっては治水上のリスクを負う操作でもあるため、操作実施の判断を厳格に定め、今年の洪水期から運用できるように、要領化に向けて関係機関と調整中である。

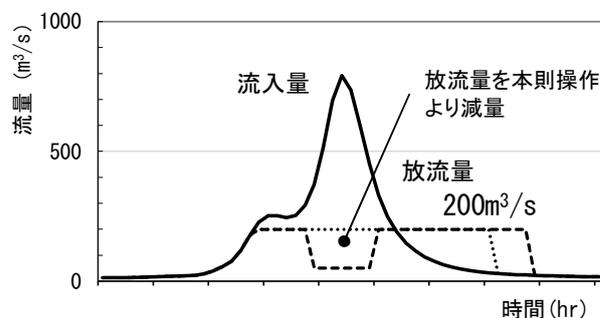


図-7 特別防災操作の概念図

#### 5. まとめ

今回の洪水調節計画の変更は、下流河川整備が進捗し流下能力が向上したこと、及び異常洪水時防災操作を経験したことも踏まえ、関係機関の理解と協力もあり早急に実現することができた。指定区間の河川改修は今後も継続して実施される予定であり、下流河川の治水安全度の向上に合わせて段階的に洪水調節計画を変更していく予定である。

近年の異常降雨の頻発化に伴い、ダムの計画規模を超える事例が全国で発生しており、ダムの洪水調節機能強化の流れが一層強まっている。一庫ダムにおいても洪水調節機能強化の取り組みを続けるとともに、関係機関との情報共有、住民のダム操作への理解の向上を図ってきたい。

##### 参考文献

- 1) 小林孝通・中島宏幸・森昌樹. 2003. 一庫ダム操作規則の変更. ダム技術 No. 202. p. 53-62

# ダム管理における流出予測システムの 精度向上に向けた一考察

陶山 武士<sup>1</sup>

<sup>1</sup>独立行政法人水資源機構 関西・吉野川支社 淀川本部 施設管理課

(〒540-0005 大阪府大阪市中央区上町A番12号上町セイワビル内)

異常豪雨が多発する気象状況の中では、流出予測の精度向上がダム管理上必要となっている。本論文では、木津川ダム総合管理所の所有する流出予測システムにおいて精度向上を図った事例について紹介するものである。

キーワード 流出予測システム, 貯留関数法, 精度向上, 異常洪水対応

## 1. はじめに

ダム管理所では、高水管理に必要なシステムとして流出予測システムが構築されている場合が多い。しかしながら、システム構築後のメンテナンス、システム改良については、各事務所の実情に応じて温度差があるものと推察される。本稿では、木津川ダム総合管理所で導入されている流出予測システム（以下、「木津総管モデル」という。）の改良内容の事例を紹介することで、他ダムの流出予測システムの改良への一助となるべく、報告するものである。

## 2. 流出予測モデルの概要

### (1) システムの基本構成

木津総管モデルは貯留関数法を採用しており、そのモデルを図-1に示す。木津川上流域を流域として17分割するとともに、5ダムを配置、また、河川水位評価点を6地点設定している。

また、貯留関数法は次式により流出高（流量）を計算するものである。

$$\text{運動式 } s = K q P$$

$$\text{連続式 } r_{ave} - q = ds/dt$$

K, P : 定数    s : 流域内の貯留高

q : 流出高    r<sub>ave</sub> : 流域平均雨量

### (2) システムの改良経緯

木津総管モデルは、平成25年度に全面更新され、その後、順次、システム改良が行われている。

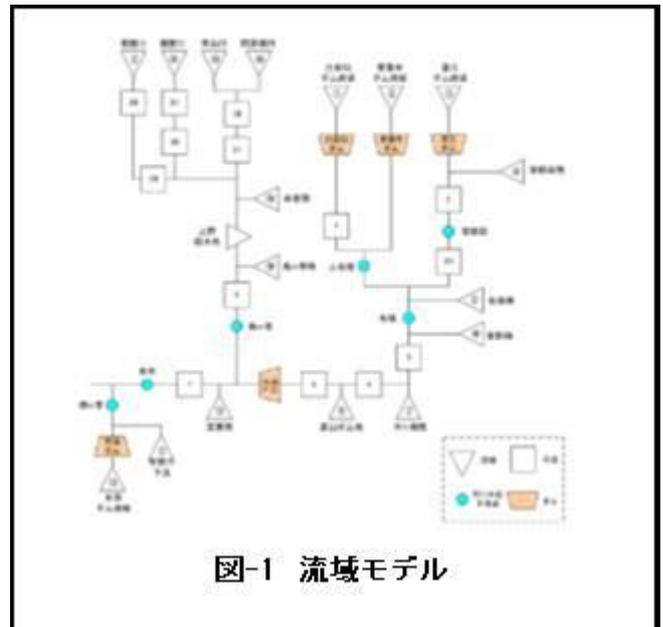


図-1 流域モデル

従前からあったシステムでの特徴、及び全面更新後に平成29年度までに実施された主な改良内容は以下のとおりであるが、大きく分類すると、「精度向上を目的とした改良」と「システムの操作性向上を目的とした改良」に大別される。本稿では、精度向上を目的とした部分に着目する。

<従前から実装していた機能>

○ダム諸量データの自動取り込み機能

○実況補正機能

○流出定数を中小規模、大規模の2パターン採用

○パラメータは、ダム毎に設定可能

○ダム下流河川地点の水位予測表示機能

<平成25年度以降に追加した機能>

- 予測時間の延長（現在は72時間先まで演算可能）
- ステップ放流の自動計算のほか、急激放流もシステムで選択可能とした
- 異常洪水時防災操作実施有無をシステムで選択可能とした
- 小規模出水パラメータを追加し、合計で3つの規模のパラメータが設定可能
- 島ヶ原地点流量に連動した高山ダムの特別防災操作自動演算機能
- 予測降雨の定倍機能

### 3. ダム管理に求められる流出予測の精度とは

#### (1) 一般的に求められるもの

広く、河川管理者や自治体、一般の方が洪水時の予測で求められる情報は、「○○地点の河川水位が、いつごろ、どの高さまで上昇するのか」である。すなわち、洪水のピーク（タイミング・水位）を如何に精度良く計算できるかが求められている。そのため、予測システムの係数設定にあたっては、洪水波形のピークを再現できるようにパラメータが設定されることが多い。

#### (2) ダム管理に求められるもの

異常洪水時防災操作の判断を求められるダム管理の現場において、流出予測の精度は、一般に求められる「ピークの把握」に加え、「ダム操作により貯留されるボリュームをいかに把握するか」が重要となってくる。しかし、現在の貯留関数法のパラメータ設定はピークあわせに重点を置いており、ピーク後の低減部の精度は重要視されていない。その結果、貯留されるボリュームに対する予測精度の部分に今後の検討の余地があるものと考えられる。

#### (3) 実運用上の流出予測システムでの課題

平成29年台風21号出水における、比奈知ダムのハイドログラフを図-2に示す。また、防災操作後に抽出された課題は以下のとおりである。

- 貯留関数法のパラメータは適宜、見直しを行っているものの、大規模パラメータ（洪水調節規模以上）は、ピークあわせを中心にK、P値が設定されており、台風通過後の無降雨時の流入量の低減量の予測値が過少方向に計算され続け、どこまでダムが貯留できるのか、予測が困難であった。
- 更に、実況値と予測値の乖離を実況補正機能により、貯留高の増量補正がかけられるため、無降雨時にも関わらず、流出予測計算が毎時で変動が大きい状況が発生した。（実況値補正は、予測計算結果と実況値との差を補正するために、各流域の貯留高を補正する機能）

上記をふまえ、今回の改良では、①パラメータの最適化、②低減部予測精度向上策の検討、③実況補正手法の改良を行った。

### 4. 流出予測モデルの改良

#### (1) パラメータの最適化、出水規模分類の適正化

貯留関数法のパラメータは、なるべく母数を多くして解析するほうが精度良いと考えられる。近年、出水事例が蓄積されていることから、パラメータの最適化を行った。また、この作業に合わせ、各ダムの出水規模（小規模、中規模、大規模）の設定値の見直しを行った。なお、前述のピーク後の低減部の精度向上は別途行うこととし、この最適化は、ピークまでの精度を狙ってパラメータ同定を行った。

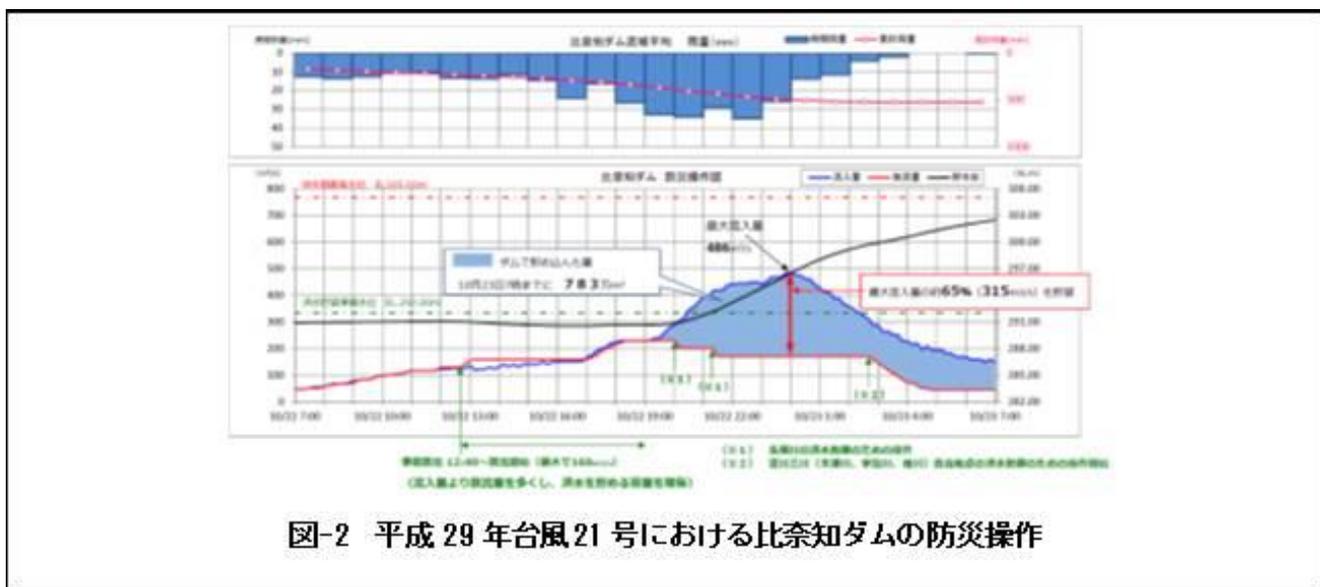


図-2 平成29年台風21号における比奈知ダムの防災操作

(2) 低減部予測精度向上策の検討

a) 検討手法

大規模出水(洪水調節規模以上)の流量ピークの1時間後から高水期間終了までの対象として、以下の三手法の精度を比較検討した。

なお、高山ダムに関しては上流に青蓮寺ダム、室生ダム、比奈知ダムがあり、ダム流入量に人為的な操作が加わっているため、他の4ダムで確立した手法を用いて、その精度を確認した。

①低減部用のパラメータ同定

低減部用の貯留関数パラメータ(K, p, t1)を同定

②低減曲線を活用

以下に示す低減曲線のパラメータを同定

$$\text{半減期 } Q = (Q_p - Q_b) \cdot \exp(-t/\tau) + Q_b$$

$$\text{VRの式 } Q = Q_p \cdot b^{-t}$$

$$\text{指数近似 } Q = \alpha \cdot \exp(-\beta t)$$

$$\text{対数近似 } Q = \alpha \cdot \log t + \beta$$

$$\text{累乗近似 } Q = \alpha \cdot t^\beta$$

③流出率から低減部分を逆算

流出率・出水時間の関係から低減部を逆算

b) 検討手法

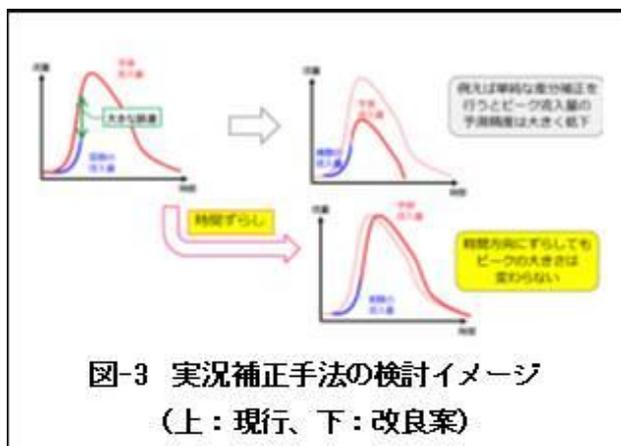
③の手法は、事例ごとに時間別流出率のばらつきが大きく、予測システムとして導入することは困難な結果となった。

①と②の手法について、洪水ピーク1時間後から計算し、相対誤差を比較したところ、いずれの流域でも低減部用のパラメータが最も精度が高い結果となった。なお、低減曲線を用いる手法はすべての解析事例の平均的な傾向を当てはめていることや、低減部の雨を考慮できないため誤差が大きい結果となった。

(3) 実況補正手法の改良

a) 現行実況補正手法の問題点

現行の実況手法では、実況値によって貯留高を直接増加、減少させている。この手法では、降雨と流出で水の量が物理的に整合する保証がないことに加え、事前に検証した予測精度が担保できない。さらに、立ち上がり付



近ではズレが大きくなりやすいため、その状態で実況補正を行うと波形が不自然になるおそれがあるほか、貯留高が直接変更されるため低減部も整合しなくなるといったことに陥る可能性がある。

これらの問題点を解消するため、貯留高を保存した状態で流量を補正する検討を行った。図-3に実況補正のイメージ図を示す。

b) 実況補正手法の検討

実況補正手法は、以下の3工程で検討を進めた。

- ①基底流量の調整: 無降雨時の流量を実況に近づける
- ②流出の遅れ時間の調整: 流量波形の位相を実況に近づける
- ③流出量(流出率)の調整: 当該時刻までの流出状況を実況に近づける

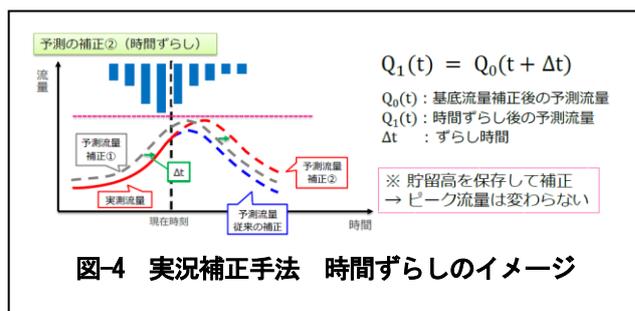
c) 基底流量の調整

7日前の無降雨期間まで遡り、その無降雨期間の平均流量と予測流量の差分で基底流量を調整することとした。

d) 流出の遅れ時間の調整

流量波形の立ち上がり部分など、予測と実況で時間的なタイミング(位相)がずれることがしばしば発生する。そこで、予測時点までの流量波形を実況と予測で比較し、時間方向に流量波形を調整する実況補正手法を検討した。具体的には、降雨開始時点から最新時刻までについて、実況雨量で流出計算を行い、その計算結果(予測流量)と実況流量を比較する。木津川ダム総合管理所の予測するデータは1時間値であるため、予測値を±1時間ずらし、流量誤差の小さいものを採用することとした。なお、この調整時間は流域面積等により調整幅が異なる場合があることから留意が必要である。

時間ずらしの調整イメージを図-4に示す。流量誤差を評価する指標は、相関係数、Nash係数、RMSEを検討した。検討の結果、相関係数及びNash係数では変化量が小さく判定が困難であることから、RMSEを使用することとした。RMSEが一定以上改善する場合、最も良好な条件(時間ずらし)を採用する。時間ずらしの調整は、予測の全時間帯について一律に実施することとした。



e) 流出量(流出率)の調整

上述の「流出の遅れ時間の調整」の時間ずらしだけでは流量の絶対値は補正できないため、極端な過大予測あるいは過少予測になる場合がある。そこで、流出が始まってある程度時間が経過した時間帯においては、実際の流出量と予測上の流出量を比較し、流出量を補正する手法を検討した。この補正は、雨量に対応する流出率を実況値にあわせて変更するイメージである。

具体的には、実況流量と予測流量の回帰係数を求め、その逆数を予測値に乗じることで予測流量を補正する。回帰係数の導出と補正のイメージを図-5に示す。

回帰係数で補正した値と実況値でRMSEを計算し、補正前のRMSEと比べて一定以上改善する場合に、補正を適用する。この補正は予測流量を定数倍するものであり、予測の全時間帯について一律に実施することとした。

なお、補正を定数倍で行うと、予測値が大きく変化する可能性があることから、補正は変化率が±30%以内に制限することとした。

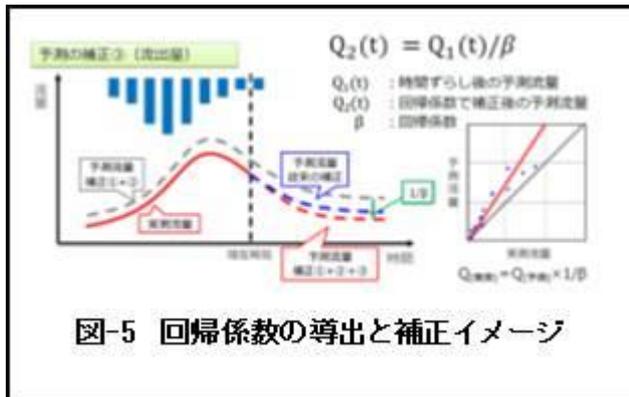


図-5 回帰係数の導出と補正イメージ

f) 実況補正手法の検証

新たに検討した実況補正手法について効果の検証を行った。ここでは入力雨量に実況値を用いて流出計算を行い、時間を1時間ずつ進めて予測流量に補正を行った。補正された予測流量と実測流量とを比較し、その補正の効果を検証した。

対象事例は、4つの系統的な誤差を含む事例(予測流量が早い、予測流量が遅い、予測流量が過少、予測流量が過大)と、雨量のピークが二山型となった事例を対象とした。布目ダムの二山型の効果の検証事例を図-6に示す。

検証の結果、低減部の予測精度を維持することができ、低減部のパラメータの予測精度を活かすことができることが確認された。また、予測の流量波形も崩すことなく誤差を低減させることが可能であることが確認された。

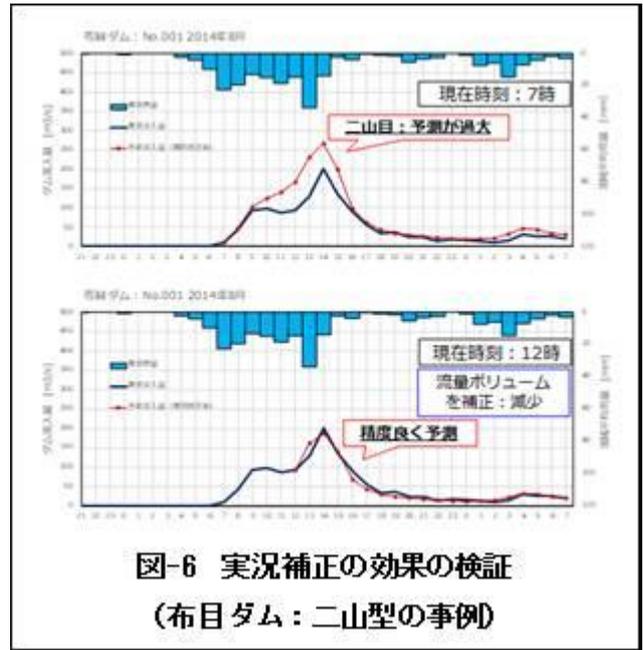


図-6 実況補正の効果の検証  
(布目ダム：二山型の事例)

5. 今後の課題

今回行った精度検証は、一部を除き実測雨量を入力値として行ったものである。実際の流出予測システムでは予測雨量を入力値として流出計算を行うため、降雨予測の精度が流出予測の精度に大きく影響する。予測技術の発展により、今後さらに利用可能な降雨モデルの精度が向上することが予想されるため、随時、木津川流域で最適な予測データを採用してシステムに組み込んでいくことが求められる。

また、今回の検証では、1998年～2018年の期間のデータを用いてモデルパラメータの再同定を行ったが、気候変動の影響によって降雨特性は急速に変化していくことが予想される。現状の最適なパラメータを持続的に見直し、継続して調整していくことがシステムの運用上、必要不可欠である。

最後に、今回の検討が、同様の悩みを持つダム管理所の課題解決の一助となれば幸いである。

# マンホールが飛んだ豊岡総合庁舎地下貯留施設に学ぶ — 雨水貯留浸透施設整備における注意点 —

高松 綾子

兵庫県但馬県民局豊岡土木事務所竹野道路課 (〒668-0025兵庫県豊岡市幸町7-11)

局地的大雨により雨水地下貯留施設上部のマンホールが脱落した現象について、事象の再現及び対応策の検討を行った。マンホールの脱落は、設計時の想定を上回る勢いで雨水の浸入による空気圧の上昇が原因であり、再発防止の対応策として開口部の大きいマンホールへの交換を実施した。今後は安全な施設整備のため、雨水貯留浸透施設の排気に関する設計基準をつくる必要があると考える。

キーワード 雨水貯留浸透施設, 浸水対策, 総合治水

## 1. はじめに

2020年7月の局地的大雨の際、兵庫県但馬県民局豊岡総合庁舎駐車場の地下貯留施設に流入した雨水が貯留施設内の空気を圧縮し、行き場を失った空気の圧力により、貯留施設上部にある駐車場のマンホール蓋が飛ぶ(脱落する)という事象が発生した。怪我人・物損等はなかったが一歩間違えば大きな事故に繋がる恐れもあった。

近年、集中豪雨や局地的大雨が増加傾向にあり、浸水対策としての雨水貯留浸透施設は整備の必要性が高まっている一方、まだ整備事例が少なく、知見の蓄積が十分ではない。

そこで、本件の事象について分析するとともに、今後同様の施設を整備する際にこのような事象が発生することがないように、設計時に配慮すべき事項について提案する。



図-1 雨水貯留浸透施設位置図

## 2. 豊岡総合庁舎駐車場地下貯留施設の概要

豊岡市幸町周辺は浸水被害が多発していることから、降雨を一時貯留し、浸水被害を軽減させるために雨水貯留浸透施設(2箇所)を整備した(図-1)。地区内で隣り合う県庁舎の駐車場に地下貯留施設(図-2)を、県立高校に校庭貯留施設を整備し、両施設で時間雨量40mm

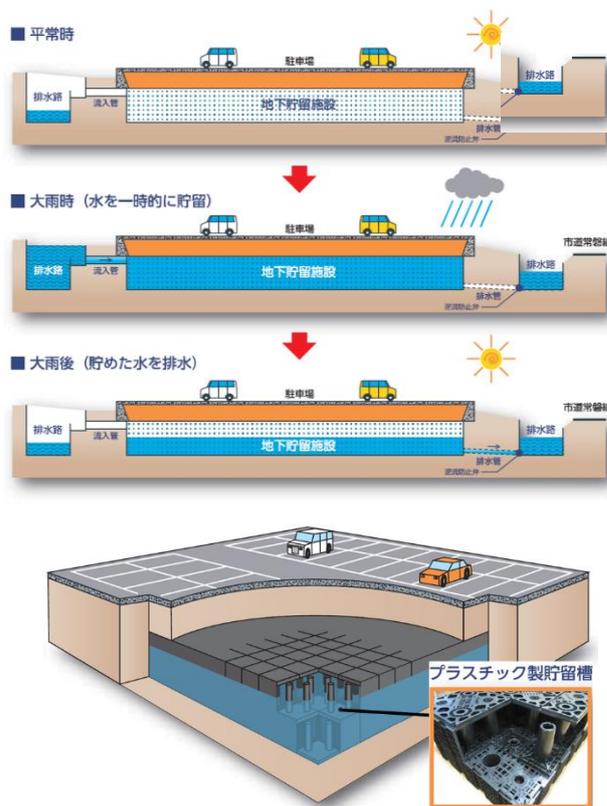


図-2 地下貯留施設の構造

表-1 整備後3カ年の施設稼働状況

	地下貯留	校庭貯留
	(10cm以上流入)	(15cm以上湛水)
平成30年度	7	4
令和元年度	5	5
令和2年度	4	5
計	16	14

表-2 雨量データ

時刻	10分雨量	累加雨量	時間雨量 最大 45mm/h
	(mm/10min)	(mm)	
17:10	0	10	↑ ↓
17:20	0	10	
17:30	11	21	
17:40	23	44	
17:50	8	52	
18:00	0	52	
18:10	0	52	
18:20	3	55	
18:30	6	61	
18:40	2	63	
18:50	0	63	



図-3 マンホールの脱落



図-4 マンホールの浮上

程度の降雨に対応する施設である。

施設は2018年度3月に整備完了し、その後の3カ年で地下貯留への流入が計16回、校庭貯留への湛水が計14回観測されている(表-1)。また、完成後間もない2018年7月5日～8日には、最大時間雨量36mm、累加雨量357.5mm(2018年～2019年で最大)の降雨時において流出抑制効果を発揮し、豊岡市街地の浸水被害を軽減させた。

### 3. マンホール蓋浮上・脱落現象の発生

2020年7月21日17:20～18:20、時間雨量45mm局地的豪雨(表-2)が発生した際、地下貯留施設の様子を点検したところ、マンホール蓋(1箇所)の脱落が確認された(図-3)。その他のマンホールについても、浮上や強い勢いで空気の噴出(図-4)が見られた。

当該施設は職員や一般県民も利用する駐車場の地下部にあり、マンホール蓋の脱落は、駐車場利用者の転落等、人身事故に繋がる恐れのある重大な事態であり、早急な対策が求められた。

そこで、今回起こった事象の再現計算をした上で、当初設計の問題点を整理し、対応策を検討した。

### 4. 事象の再現

地下貯留施設上部に設置されているマンホールは計7

箇所あり、内6箇所は蓋と受け枠が蝶番金具で連結されており、蓋が受け枠から外れることを防止できる構造となっている(図-5)。ポンプ桷上部に設置されている1箇所のみ、脱落防止の蝶番がなく、今回はこの1箇所が脱落、他6箇所のマンホールが浮上した。ポンプ桷上部以外の6箇所のマンホール蓋には排気口(0.002m<sup>2</sup>/枚)が空けられており、当初の設計思想は、ここから貯水槽内部の空気を排気する計画であった。

マンホール蓋の浮上・脱落現象発生メカニズムは図-6のとおりである。貯留施設へ雨水が流入した際、貯留

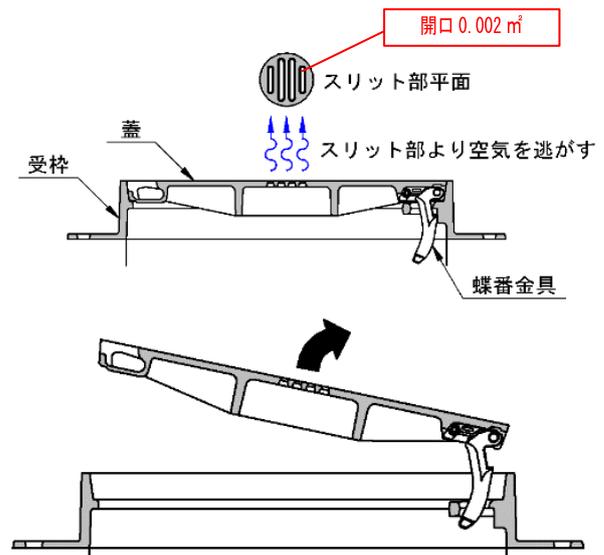


図-5 マンホールの構造





図-10 2020年7月21日の流入口の様子

が発生しないよう、今後起こりうる最大流下時のマンホール蓋浮上対策の効果についても検証した。

当日の写真及び断面図より、2020年7月21日の水位はT.P.+1.90m程度であったと推定される。最大流下時には図-10のとおり、さらに水位が0.3m上昇し、T.P.+2.20mとなることが予測される。このときマンホール蓋にかかる空気圧を求めた。

計算の結果、地下貯留施設内の空気圧の最大値は56Paであり、最大流量流下時においても対策案でマンホール蓋の浮上は防止できた。また、風速についても全てのケースで許容値を下回る結果となった。

以上のことから、図-9の取り替え案を採用し、2021年3月、マンホール蓋の取り替えを実施した。(図-11)

## 6. 考察

今回の対応策により、地下貯留施設上部のマンホール蓋の浮上及び脱落を防止できる計算であるが、開口部からゴミなどが落下しやすくなることなど、マンホール蓋1枚当たりの開口部を大きくしたことによるデメリットも想定される。本来は問題が生じてからの対策ではなく、施設を整備する段階において排気計画を十分に検討しておくべきであった。



図-11 取り替え後のマンホール

下水道事業の計画及び計画施設、設備など全般の設計をするための実務手引書である下水道施設計画・設計指針と解説<sup>2)</sup>においては、マンホール蓋の浮上等を防止するため、現場状況に適応した機能面での対策や排気計画の検討が必要であるとしている。下水道マンホール安全対策の手引き(案)<sup>3)</sup>においては、マンホール蓋の浮上・飛散に対する安全対策の考え方や発生要因、取り得る対策等がとりまとめられている。

雨水地下貯留施設においても、下水道のようにマンホール蓋浮上の水理及び防止のための対応策を整理し、とりまとめるべきであろう。

## 7. まとめ

地下貯留施設マンホール蓋の浮上・脱落現象に対して、起こった事象の再現と対策の検討を実施した。

現状、雨水貯留浸透施設における排気に関する設計基準はなく、慣例で穴の開いたマンホールを設置していたという状態であり、貯留施設内に滞留している空気の排気に関する検討が不十分であった。結果として今回、流入した雨水により貯留施設内の空気が圧縮され、圧力に耐えかねたマンホールの浮上、脱落が発生した。

近年、集中豪雨や局地的大雨が増加する中、総合治水の取り組みの必要性はますます高まっており、地下貯留施設等の雨水貯留浸透施設整備も進んでいくと考えられる。しかし、現状のように排気に関する設計基準がないままであれば、今後整備される施設においても本件と同様の事象が発生する恐れがある。

安全な施設を整備するため、現時点では、貯留施設内の圧力を十分に検討し排気口を設計するとともに、今後、雨水貯留浸透施設の整備にかかる排気に関する設計基準をつくるべきであると考えます。

## 8. 参考文献

- 1) 道路トンネル技術基準(換気編)・同解説(公益社団法人 日本道路協会)
- 2) 下水道施設計画・設計指針と解説 前編-2019年版(公益社団法人 日本下水道協会)
- 3) 下水道マンホール安全対策の手引き(案)(公益社団法人 日本下水道協会)

## 9. その他

人事異動により筆者の現所属は豊岡土木事務所竹野道路課であるが、本論文は2020年度の所属である豊岡土木事務所企画調整担当における所掌内容を課題としている。

# 遠隔臨場システムを活用した掘進長の確認(試行)について ～砂防事業の生産性向上に向けた取り組み～

山崎 卓也<sup>1</sup>・宮下 洋史<sup>2</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 六甲砂防事務所 (〒658-0052兵庫県神戸市東灘区住吉東町3-13-15)

<sup>2</sup>株式会社日本インシーク 地盤調査部 (〒541-0054大阪府大阪市中央区南本町3-6-14)

砂防事業では堰堤設計に必要な地質調査のため、多くのボーリングが実施されており、掘進長の確認(検尺)は、共通仕様書に基づき、原則として監督職員の立会が必要とされている。しかし、山間地で移動に時間を要する場所が多く、個々の地盤条件が異なるため、検尺日時を事前に決めるのは困難であり、手待ち時間が生じることで、工期を圧迫することもある。

六甲砂防事務所では、令和2年度の既設砂防堰堤調査において、遠隔臨場システムを活用した掘進長の確認を試行的に実施し、受発注者の生産性の向上を図るとともに課題を明確にした。

キーワード 遠隔臨場システム、砂防事業、生産性向上、リモート検尺

## 1. はじめに

六甲砂防事務所は、昭和13年の阪神大災害を契機に開設され、砂防堰堤やグリーンベルトの整備等の砂防事業を行っている。現場は神戸市等の市街地に隣接しており、市街が山腹にまで迫っているため道路が極端に狭い等、アクセスが簡単ではない。

地質調査の機械ボーリングでは発注者による掘進長の現場立会を行うが、山地では移動に時間が取られる上に、地質の状況次第で予定が立てにくく(地盤の急な変化や掘進作業の遅れによる待ち時間が発生)、立会待ちに伴う現場作業の手待ちもしばしば発生する。

本報告は、遠隔臨場システムを活用した掘進長の確認(以下、リモート検尺と言う)の実施状況とその効果について、砂防事業の生産性向上の観点から報告するものである。

## 2. 地質調査における立会状況の実態

機械ボーリングによる掘削は、ボーリングの目的および予想される地盤構成をもとに事前に取り決めた掘止条件を満足する深度で終了としている。掘進長を確認する作業を検尺と言い、地質調査における主要な立会であるが、立会を予定する際の課題として以下の点が挙げられる。

### a) 工程の不確実性

例えば支持層が想定より深い(または浅い)ことで、予定の深度で掘り止めとならないことも多い。掘削時に孔内で発生する様々な事象(硬質な玉石や破碎帯を掘削する際の極端なスピード低下、孔壁崩壊等防止のための保護管挿入に時間を要する等)や天候その他の理由によっても工程が流動的となる(予定が立てにくい)。

### b) 現場作業の手待ち

検尺深度立会の日時は、受発注者間で事前に予定し、掘止深度到達日時がほぼ確実になった後に最終調整を行うことが多い。しかし、発注者側に様々な予定があり、受注者側が希望する日時に検尺の立会が行えるとは限らない。そのため、作業の手待ちが多少なりとも発生し、2日程度となることもある。これは、後の工程にも影響を与えることがある。

### c) 自主検尺の問題点

日程調整が難しい等の理由で発注者の立会ができない場合、受注者側のみで掘進長の確認(自主検尺)を行い、立会検尺で監督職員が現地で確認する作業(コアの確認、残尺の確認、ロッド・コアチューブの引き抜き状況の確認、掘削深度の検尺)を受注者側で責任をもって実施し、後日写真等で報告を行う。しかし、検尺は数量変更の根拠となる重要な確認作業であるとともに、発注者が各ボーリング孔の状況を現地でコア、スライム、周辺地盤の露頭や掘手へのヒアリングなどとともに確認することができる貴重な場であり、可能な限り立会して実施することが原則である。



作業を行うことは作業補助者に任せ、一つ一つの作業を確認しながらゆっくりと説明することが必要と分かった。スマートグラス装着者、現場での作業員、事務所で指示を出す者、それぞれがスマートグラスの特性を理解し、丁寧に説明しながら行動するための習熟が必要と判明した。



写真3 白い紙を敷くことで通信映像の視認性が向上

### (3) 3回目：東谷堰堤No.2で実施（12月10日）

東谷堰堤No.1で課題となった視認性については、リモート撮影者の立ち位置を事前に確認し、残尺～ロッド・コアチューブの引き抜き～検尺用意（ロッド・コアチューブを標尺棒と共に並べ、チョークでロッド等の長さや残尺部分を示す作業）の実施状況を、撮影位置を大きく変えないように工夫して撮影する等改善を図った。また、リモート検尺実施手順（受注者が作成）を用意し、現場からの説明を一つ一つの作業に対して、ゆっくりと丁寧に行った。メンバーの習熟により、検尺作業自体は30分程度で終了することができた。

### (4) 4回目：神呪<sup>かんのう</sup>堰堤No.1で実施（12月22日）

リモート検尺の実施がタ方となったが、蛍光テープをロッドに巻き付けライトで照らすことで、視認性の問題は生じなかった。

リモート検尺に使用している遠隔臨場システムは、アプリケーションのインストールが必要であり、発注者側の行政パソコンへのインストールができなかったため、前回までは受注者が持ち込むノートパソコンの画面で確認作業を行っていた。しかし、小さい画面は大人数での確認に適していないため、今回は事務所にあるモニターに接続し、モニター画面とノートパソコン画面の2映像で確認作業を行った。その結果、大きなモニターを使うことで、状況の把握が格段に容易となった。



写真4 リモート検尺の実施状況（六甲砂防事務所にて）

## 6. 今回の成果

一定期間に集中して複数の堰堤で次々に検尺となる中、リモート検尺を実施することで下記の成果が得られた。

### a) 生産性の向上

掘り止め深度に到達して直にリモート検尺を実施できたため、通常の立会検尺で多少なりとも発生する作業の手待ちが全く発生しなかった。リモート検尺を実施して監督職員のスケジュール管理が効率的になり、検尺の度に半日を要するということが無くなった。現場側の作業予定も立て易くなり、生産性が向上するとともに、工程に余裕が生じた。

### b) 現場情報の共有と意思決定の迅速化

検尺作業の可視化に加え、コアと露頭の関係の説明等をリモートで行い、現場立会時にしか知り得ない細かい情報をリアルタイムで共有できた。立会検尺では一人の監督職員へ説明を行うことになるが、リモート検尺では同時に大勢の関係者での確認や共有が可能である。そのため、設計・工事担当者の参加や意見交換まで行うことができ、同時に議論を進めて結論も出せることがある（意思決定の迅速化を図れる）という効果も分かった。

### c) 安全性の向上

砂防の現場は、足元が悪い、歩く距離が長い、急登・急降下といったアップダウンがあるなど、安全性に配慮が必要である。写真-5は東谷堰堤の現場状況で、栈橋を渡り梯子を登って堰堤上へ到達する。現場検尺立会時には作業員に加えて監督職員の安全確保にも配慮する必要があるが、労働災害発生抑止にも間接的に貢献できた。



写真-5 東谷堰堤の現場状況

の技術者が対応する形となり、今回の六甲砂防事務所のような利便性の良い事務所では大きな負担にはならないが、遠方の事務所の場合は工夫が必要である。現場の対応は、慣れることで1名での対応が可能になると思われる。事務所の対応として、例えばWebを利用して遠隔臨場システムを発注者側のパソコンでも利用できて監督員が操作できるようになると、通常の立会検尺と同様の人員配置でリモート検尺を実施することができ、更なる効率化が期待できる。

#### c) 発展性

遠隔臨場システムは、地質調査の分野の中でも、調査位置の決定や地質リスクの確認等、リモート検尺以外でも適用可能と思われる。

また、遠隔臨場システムは災害現場での活用などで有望な技術とされており、検尺をはじめとした通常業務の中で使用に習熟することは災害時の迅速性や効率性にも大きく役立つと思われる。

システム自体も日進月歩で進化しつつ、安価になってきている。組織での採用や訓練を検討する時期ではないだろうか。

## 7. 課題と今後の展望

今回の試行によって前述の成果が得られた一方で、遠隔臨場システムを活用したリモート検尺を普及させるための課題も残った。

#### a) 通信機器の工夫

携帯電話の4Gのテザリング機能を使用してリモート検尺を実施したため、電波が通じない（または安定した電波が得られない）2堰堤（山脇上流、亀の滝上流）には適用できなかった。衛星電話などを利用することで解決可能と思われるが、衛星電話の利用料や速度の点が課題となる。

#### b) 更なる効率化

現場に2名（スマートグラスを掛けてリモート撮影を行う者とライトで照らす等の作業の補助者）と、事務所に1名（ノートパソコンで遠隔臨場システムを操作する者）を配置して、リモート検尺を実施した。同時に3名

## 8. まとめ

リモート検尺を試行的に実施し、関係者の積極的な取り組みにより、砂防事業の生産性の向上に繋がる成果を得ることができた。もちろん、リモートだけでは現場の状況を知るには不十分であるが、コストとパフォーマンスのバランスを考慮して様々な適用方法を受発注者間で検討することで、リモート検尺の普及に繋がるものと思われる。

**謝辞：**リモート検尺の試行において、六甲砂防事務所の皆様から貴重な意見をいただき、短期間での改善と今後の展望に繋がりましたこと、深く御礼を申し上げます。

# 災害時における自治体とのリモート会議の開催による迅速な情報共有の開始について

佐藤 昭史<sup>1</sup>

<sup>1</sup>淀川河川事務所 調査課 (〒573-1191 大阪府枚方市新町2-2-10)

これまで災害時に流域の関係自治体と密に連絡を取るため、ホットライン等により、1対1の連絡体制を確保しているが、近年、気候変動の影響により大規模な水害が全国でも頻発している背景を踏まえ、より効率的な情報共有として、隣接市町や気象台、河川管理者の情報を一連で共有することが可能となるリモート会議を令和2年度より開催した。

本稿は令和2年9月の台風10号、10月の台風14号の際に開催した2回のリモート会議について、自治体からの評価や今後の対応についてとりまとめ、今後の対応について報告するものである。

キーワード 防災、減災、自治体連携、リモート会議の活用

## 1. 災害時におけるこれまでの自治体連携

災害時の情報提供として、これまで淀川河川事務所では、タイムラインに基づく沿川自治体への個別連絡やホットラインを用いた連絡を行ってきた。

近年の災害では、気候変動の影響もあり、線状降水帯による特定地域に集中した降雨や台風の進路も東側から来襲するといった想定を超える降雨による洪水が全国で頻発している。これまで、気象庁では平成27年から早期注意情報を発令され、台風接近3日前には行政やメディアに向けた台風説明会を開催しているが、特に近年では、住民の避難中の被災も多く、また昨年からの感染症蔓延下における避難として、ソーシャルディスタンスを確保した避難所の開設を行う必要があることから、災害情報を早期に発信、共有していく必要がある。そのため、気象台、河川管理者、自治体により連携した情報共有を行い、さらに迅速に住民への情報提供が必要となっている。

関係機関との情報提供、共有する場として、淀川河川事務所では平成16年度から水害に強い地域づくり協議会を開催している。その後、平成27年度の水防災意識社会再構築において、減災協議会を開催することとなり、これを減災協議会として継続的に開催し、これまで災害時にも協議会の構成自治体には情報発信を行うとともに、洪水後の情報交換や洪水に対する今後の対応の議論を行ってきた。洪水時には行政間での事前の情報共有を行い、自治体から住民への情報伝達し、住民が避難、対応するという流れになるが、全国的にも避難率が低く、近年の災害を踏まえ、適切かつ確実に情報提供を行っていく必要がある。これまで洪水時に、予測情報の提供や被害発

生時の避難状況や浸水被害状況について、個別に各自治体に状況を確認してきたが、これらは河川管理者と各自治体との1対1の情報交換しかできておらず、沿川自治体での動きや被害状況等を個別に確認するものの、洪水時の自治体からの課題共有や自治体間の連携を踏まえた対応ができていなかった。

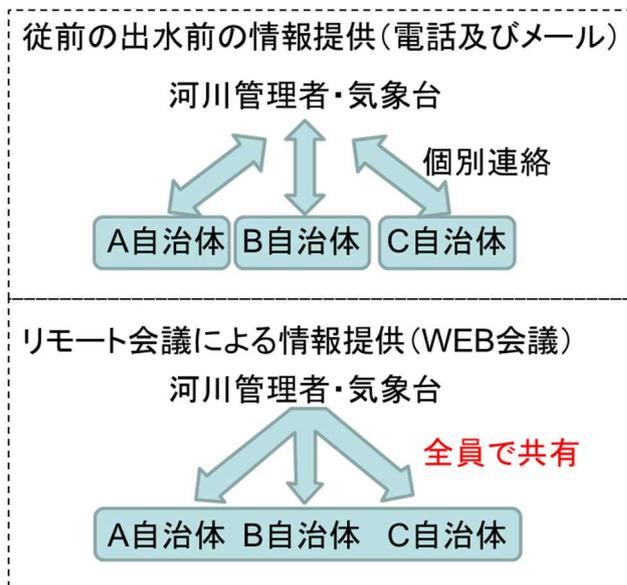


図-1 リモート会議による情報共有のイメージ

## 2. リモート会議の提案

淀川河川事務所では、令和元年度より、大阪府主催の三島地区広域避難WGに参画し、広域避難検討における

自治体間の連携や災害時の自治体間の情報交換の必要性について、各自治体の意向を把握した。

なお、昨年から新型コロナウイルスによる新たな生活様式として、テレワークやWEB会議を積極的に活用することとなったため、関係機関協議として、従来の対面形式ではなく、WEB上での会議を開催することとなり、関係機関においても、WEB会議が可能となるパソコンやカメラ等を導入し、まさに大阪府主催の三島地区広域避難WGも全てWEB上での会議開催を行ってきた。



図-2 三島広域避難WGにおけるWEB会議状況

WGでは、それぞれの機関が危機感を共有する取組が必要であるため、まずはWGの中で、メーリングリストの立ち上げ、リモート会議の実施、ポータルサイトの活用と行った3つの施策を進めることとした。

メーリングリストはWGメンバーをメーリングリストに登録し、会議情報だけでなく、洪水情報や情報共有にも活用でき、かつ各機関からメンバー全員への双方向の連絡を行うことができることから、直ぐに運用を開始した。また、WEB会議の活用により、これまで、洪水直前に関係機関と会議を行う場合、各自治体に出向き、打合せを行う必要があることから、迅速に情報共有するために、電話連絡等しかできなかったが、新たな生活様式を踏まえ、WEB上で、関係機関が在庁した状態で意見交換が可能となるリモート会議を開催することで、短時間かつ多数での会議が開催となり、洪水対応中や対応前後でも簡単に情報交換ができることとなった。リモート会議開催としては、まずは参加可能な機関、担当レベルで試行的に開催し、台風説明会をトリガーとし、事前の気象及び河川情報を共有するとともに、各市の体制立ち上げや避難所開設などに対する基礎情報収集を行う会議として施行を実施することとなった。

また、関係機関それぞれが発信している情報として、各管理者別のホームページで水位情報、ダムの放流状況、監視カメラ画像等のリアルタイム情報やハザードマップ、浸水想定区域図、浸水拡散シミュレーション等の準備情報が提供されていたが、これらの情報を集約したポータルサイトを作成することで、各関係機関が同じ情報を閲覧し、情報交換ができることとなった。



図-3 三島地区防災ポータルサイト

あわせて、WGでは他河川の状況として、近年災害のあった四国の肱川や九州の球磨川では、災害発生前に沿川自治体と河川管理者、府県が連携した会議を数年前から開催している情報を共有した。他河川では洪水対応中にも適宜リモート会議で情報交換を行い、今後の降雨状況、水位上昇だけでなく、隣接市町の避難開始判断や避難状況の把握を実施している事例も把握したこともあり、淀川沿川でも洪水前に同様のリモート会議開催について、各自治体に試行的に開催することを提案することとなった。

### 3. 令和2年9月台風10号でのリモート会議の開催

令和2年9月には特別警報級の大型台風10号が近畿に接近するという気象台の台風予測から、早速三島地域においてリモート会議の試行を行った。

9月1日時点の予報では、台風10号は、小笠原諸島南西に位置するものの、9月6日には近畿～九州に上陸する予報となり、一時は「大型で非常に強い」台風となったことから過去最強クラスと報道があり、気象庁からの特別警報の発表も予想されており、まさにリモート会議が必要となる台風と判断した。

9月2日時点の予報では、台風10号はさらに進路を西側に進み、勢力も当初予想から低下するものの、まだ近畿圏も暴風圏域に入る恐れがあったため、淀川河川事務所では、リモート会議の機器が整っている三島地域のうち、淀川沿川となる2市1町（高槻市、摂津市、島本町）において、リモート会議の案内を送付し、会議日程を調整し、9月3日夕刻に開催することとした。

9月3日時点の予報では、台風10号はさらに西側に進路を進め、近畿から遠ざかり、大阪管区気象台の台風説明会においても、近畿での警報発令可能性は、波浪のみが高となる予測となったが、9月3日17時から予定どおり、リモート会議を開催した。

リモート会議では、気象台から台風10号の概況と新た

な情報を説明し、その後、淀川から台風10号の9月3日時点降雨予測から算出した淀川の予測水位を説明し、各市町からは、今回の体制立ち上げ状況を確認した。

幸い、台風が近畿から逸れ、淀川の水位予測も高い水位となる事も無く、各市町においても、市町の災害体制は発令するものの、避難所開設や避難のタイミングまでを調整する対応とならなかったことから、事前の情報交換としての試行的な会議となった。

令和2年台風第10号の進路予想 3日15時現在

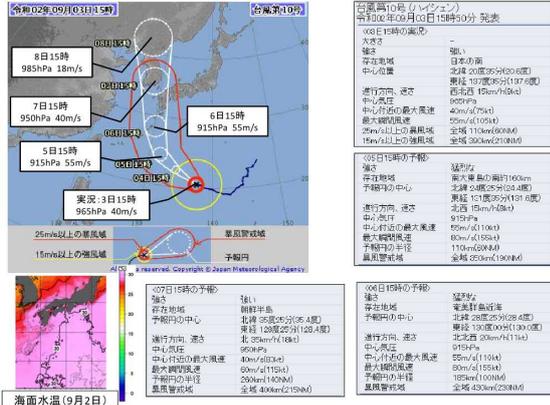


図-4 台風10号進路予想 (大阪管区気象台)

リモート会議開催後の評価としては関係機関から下記の意見をいただいた。

- ・今回会議を開催したことで、他市の情報も確認でき、有意義であった。
- ・隣接市の状況（体制立ち上げ、避難所開設等）が気になるため、淀川沿川だけでなく、隣接する市町の情報も確認したい。
- ・また台風における避難所開設は洪水の水位だけでなく、暴風を踏まえ、事前に開設することとしており、その情報も隣接市と共有していきたい。
- ・会議後の幹部会でも事前情報として話ができた。
- ・隣接市の避難所開設情報や上流市の水位確認状況等も共有していきたい。
- ・会議出席レベルは事務方で充分。幹部会開催に向けた情報収集として活用したい。
- ・気象台の情報と洪水発生の可能性（水位予測）を踏まえ、体制立ち上げ、避難所開設を行うため、台風対応としては、非常に有意義であった。



図-5 リモート会議実施状況

リモート会議については、洪水時に時間が取れない幹部が出席する会議では無く、洪水対応を行う顔見知りの事務方がそれぞれ出席することで、より具体的な内容の議論を行い、率直な意見交換を行ったが、結果としては自治体間の横の繋がりと各自治体での幹部会での説明に寄与する調整ができたため、評価としては非常に有意義な情報交換となった。

なお、台風説明会を行っている気象台からは、提供できる情報が重複することもあるため、より効率的な情報交換ができるよう工夫が必要との意見をいただいた。

#### 4. 令和2年10月台風14号でのリモート会議の開催

台風10号では、大きな洪水の予測とはならなかったものの、前回の台風10号で実施したリモート会議が好評であったことや前回の淀川沿川のみ自治体だけでなく、三島地区全域の自治体からも情報交換の依頼があったため、令和2年10月の台風14号においても、近畿に台風が接近するということから、再度洪水前のリモート会議を開催することとした。

台風14号は、9月の台風10号の特別警報級となる予報ではなかったものの、前回は、時間を決めてリモート会議を開催していたが、洪水対応中に時間調整し、会議を行うことは困難である事を前提とし、出席自治体と日程や時間調整をせず、10月9日11時に開催するといった連絡だけ行い、リモート会議を実施した。

10月5日時点の予測では、台風14号は北西に進み、種子島付近から北東に向きを変え、近畿に近づく予報となっており、8日には強い台風となり、近畿の太平洋側では強い雨になる恐れとなっていた。

10月6日時点の予測では、さらに進路が西側になっていたが、北西に急激に向きを変える進路は変わっておらず、依然として近畿に近づく予報となっていた。

令和2年台風第14号の進路予想 8日09時現在

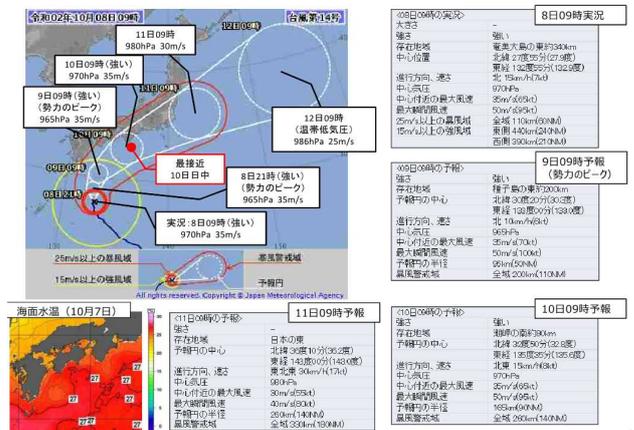


図-6 台風14号進路予想 (大阪管区気象台)

10月8日には、大阪管区気象台の台風説明会が開催され、10日に最接近し、近畿中部や南部では大雨に警戒が必要であると説明されたため、台風14号においてもリモート会議を予定通り開催した。

台風14号リモート会議では、三島地区広域避難WGで作成したメーリングリスト(WG構成機関の事務方も含むメーリングリスト)により開催連絡を行っただけであったが、リモート会議では、5市1町と大阪府庁、大阪府の土木事務所の出席もあり、台風10号では6名での会議となったが、この会議では15名の参加となった。

会議は、前回と同様、大阪管区気象台から、最新情報の説明、淀川河川から水位予測の説明を行った後、自治体毎に災害体制の立ち上げ状況や避難所開設の必要性等情報交換を行った。



図-7 リモート会議実施状況

台風14号は近畿南部から西部よりの進路となったため、淀川水系の中でも木津川で中洪水程度の洪水となり、淀川本川では2000m<sup>3</sup>/s程度の洪水であった。この洪水で、大阪府も初の安威川タイムラインを発動させたが、淀川の水位としては、避難判断水位から6m程度下の水位で、大きな被害や沿川住民の避難が必要となる洪水に至らず、事前の情報交換としてのリモート会議を有意義に実施することができた。この台風14号のリモート会議についても、台風10号同様、各自治体の開催後の意見集約を行った。

- ・災害前に情報交換できたことは有意義であったため、引き続き、継続していただきたい。
- ・隣接市の状況を踏まえ、同じ方向で対応ができることは非常に有意義であった。
- ・前回同様、平日の開催であったが、休日に来襲する場合であっても、継続して開催していただきたい。
- ・早期の危機感共有として意味のある会議であったが、これがより切迫した災害対応となった場合にどうなるか、各関係機関も参画できるか検証が必要。
- ・開催時間の調整を行わず、関係機関が皆出席できたことは非常に前向きであったが、切迫した際に出席できるかどうか。

前回同様、継続して開催したい旨の評価があったものの、幸い、台風10号、14号ともに、大きな洪水にならな

かったため、これが平成25年に発生した淀川沿川で戦後最大洪水に匹敵する洪水もしくは、それ以上の洪水の場合に確実に開催し、情報交換ができるかといった指摘があった。

## 5. 水害に強い地域づくり協議会での情報共有

令和2年度は淀川管内では、出水期前の梅雨前線の際に洪水が発生したものの、台風期以降は、前述の台風10号、14号ともに大きな洪水とはならなかったが、評価結果にあるように、参画自治体からは継続した開催要望があったため、水害に強い地域づくり協議会において、三島地区でのリモート会議実施事例を照会した。

大阪府域では、右岸側の自治体はすでに実施したが、左岸側の自治体からは開催要望は上がらなかった。

しかし、京都府域では、

- ・桂川、宇治川の水位予測や気象予測情報など、最新の情報提供をいただきたい。
- ・桂川沿い地域で開催されるのであれば、活用したい。
- ・山城地域で開催いただければ、参加させていただく。
- ・他市の状況等を共有できることは、対応についての検討材料の一つと出来るため、開催を希望。
- ・通行規制等の判断・待機体制を事前に検討することが出来るため、リモート会議を希望。

以上の意見が出されているため、京都府域においても、令和3年度からリモート会議を開催していく予定としている。

## 6. おわりに

リモート会議について、新型コロナウイルスによる新たな生活様式の普及から、これまでと異なり、WEB会議が主流となったこともあって、試行的に開催することができた。リモート会議参画自治体からは継続要望が多く、開催したことが非常に有意義であったことは分かった。しかし、昨年度は大きな洪水にならなかったため、今後、大きな洪水の際に同様に開催が可能なのか、開催のタイミング、また従前と同じ情報だけで無く、より避難に直結するような情報を共有することが重要である。

しかし、新型コロナウイルスにより避難所での感染対策が必要となっている中、近年は人口減少や行政職員の減少に伴い、感染対策の避難所設営や線状降水帯による急激な水位上昇にも対応していく必要がある。

また、これからの災害対応としては、避難所への避難だけでなく、浸水深を踏まえ、自宅や高層階への垂直

避難、親族関連への縁故避難、ホテル避難等のマルチ避難を推奨しており、そのためには、避難準備を含め、早めに情報を出していく必要があり、行政間において、より適切かつ効率的な対策を進めるにあたり、少しでも時間短縮かつ広範囲の情報交換としてリモート会議を開催することは、現代においては当然の仕組みとなっている。

今回、台風襲来前の事前情報共有としてリモート会議を開催したが、大規模洪水となった場合は寄り密な情報共有が必要となり、その際には他河川で行われているよ

うな幹部によるリモート会議の開催も考慮しつつ、適切な情報共有や迅速な情報提供にむけて、新たなリモート会議に、各行政職員も慣れていく必要がある。

この取組を踏まえ、さらに広く情報交換を行い、確実な避難形態や自治体が横のつながりをもつことで、広域避難にも活用すべく、引き続き、洪水前から自治体と一丸となった災害対応を目的に淀川管内での効率的な情報交換の場として、リモート会議を開催し、災害対応の充実を図っていきたい。

#### 参考文献

- 1) 台風10号台風説明会資料 (大阪管区気象台)
- 2) 台風14号台風説明会資料 (大阪管区気象台)

# 早期・高精度の水位予測情報の発信に向けた 河川氾濫予測システムの改良

阿山 佳樹

兵庫県 県土整備部 土木局 河川整備課 (〒650-8567兵庫県神戸市中央区下山手通5-10-1)

各地で多発する水害を踏まえ、より早期の避難が可能となるよう、兵庫県が2013年度に構築・運用してきた河川水位を予測する『河川氾濫予測システム』を抜本的に改良した。改良内容は大きく分けて、「予測時間の延伸(3時間先→6時間先)」、「解析手法の改良(分布型流出解析→降雨流出氾濫解析)」、「表示画面の改良」及び「システムサーバの環境変更(オンプレミス→クラウド環境)」の4点で、2020年10月より運用開始に至っている。今後もさらなる改良を行い、早期避難に向けた河川水位の予測精度向上を図る。

キーワード 降雨流出氾濫解析, 水位予測, 避難指示発令時の一助, 河川水位情報

## 1. はじめに

昨今の地球温暖化に伴う豪雨の増加で、各地で水害が多発し、もはや浸水が不可避の状況となっている。

2015年12月10日の「大規模氾濫に対する減災のための治水対策のあり方について～社会意識の変革による「水防災意識社会」の再構築～」の答申においても「施設的能力は限界があり、施設では防ぎきれない大洪水は必ず発生するもの」へと意識を変革した水防災意識社会の再構築が必要としている。

これに先立ち、兵庫県では、2009年8月の台風第9号による甚大な豪雨被害を受けた。その際の水位上昇が速く、避難やその判断に時間的余裕の少ない上流域や支川での被災を契機に、洪水危険度の判断がいち早く可能な『河川氾濫予測システム』(以下、「本システム」という)を2013年度から県内全河川(685河川)で構築・運用してきた。そのようななか、2015年5月の水防法改正で、浸水想定区域図を「想定し得る最大規模の洪水に係る区域」に拡充する運びとなった。想定最大規模の洪水から命を守るには、より早期の避難と予測時間の延伸等が必須と考え、本システムを抜本的に改良した。

本論では、本システムの改良方針を示し、それに対する改良内容や今後の展望について述べる。

## 2. 改良方針

### (1) 予測時間の延伸

本システムは、3時間先までの河川水位を予測し、兵庫県が阪神・淡路大震災を契機として独自開発した防災システム『フェニックス防災システム』で市町に情報提供している。しかし、想定最大規模の洪水に対する避難は、浸水範囲の広さから広域避難が大前提となるため、少しでも早い避難行動に移れるよう、可能な限り予測時間を延伸する必要がある。

### (2) 解析手法の改良

本システムは、分布型流出解析モデルを採用しており、降雨から河道流出量を算出し、H-Q式で水位に換算しているが、氾濫は再現できない。想定最大規模の浸水想定区域図を公表し、市町にハザードマップ作成を促している以上、避難指示等の判断材料の1つとするには、より実現象の再現性を向上する必要がある。そのため、氾濫解析を導入した内容に改良する必要がある。

### (3) 表示画面の改良

予測時間延伸と解析手法の改良で発信する情報量が増加し、すべての情報を表示すると、閲覧者へ重要な情報が伝達できないことが危惧される。

そのため、閲覧者が知りたい情報を選択・表示するシステムに改良する必要がある。

### (4) システムサーバの環境変更

本システムは、「河川水位を予測するシステム(25システム-17サーバ)」と「その結果を集約して1つの画面で表示する別途システム(1システム-1サーバ)」を、

各々のサーバで構築している。しかし、この仕組みでは、システム障害が発生した場合、原因がいずれのシステムまたはサーバなのか即時に判断することが困難である。サーバが原因の場合、保守業者が兵庫県庁3号館(サーバ設置場所)で対応する必要があった。リスクマネジメントの観点から、台風接近時等の悪天候の最中、移動という身の危険を伴う対応は解消する必要がある。

### 3. 改良内容

#### (1) 予測時間の延伸 (3時間先→6時間先)

予測時間を延伸するうえで重要なポイントが、精度と予測時間とのバランスである。ここで、解析上インプットデータとなる気象庁の予測雨量データにおいて、リアルタイムに近い間隔で提供可能で、短時間で急激に水位上昇しやすい中小河川に適したものを模索した。

予測時間、メッシュサイズ、配信間隔及び配信遅れの4点に着目し、6時間先までの降雨予想、1kmメッシュ、10分間隔配信及び8分配信遅れの速報版降水短時間予報<sup>1)</sup>を採用した結果、6時間先までの河川水位を予測することとした。

#### (2) 解析手法の改良

##### a) 降雨流出氾濫モデル (Rainfall-Runoff-Inundation : RRIモデル) の導入

本システムの解析手法である分布型流出解析モデルは、流下方向をあらかじめ1方向定めて解析を行う。今回の改良で、氾濫状況もわかるよう各メッシュの流下方向を逐次決定し、流出予測に氾濫の影響も考慮できる降雨流出氾濫モデル (以下、「RRIモデル」という) を採用した (図-1・2)。

RRIモデルは、降雨を入力し、降雨-流出から流出-氾濫プロセスまでを流域スケールで一体的に表現でき、内水・外水同時氾濫等、実現象に近い複合型氾濫解析が実現できるモデルである (図-3)。地中流・表面流を考慮する流量流積関係式を基礎式とし、平野部で鉛直浸透流、山間部で側方浸透流が考慮できる。内水は氾濫原を流下し、河道築堤部では、河道水位が堤内地盤高より高い場合は湛水し、低い場合には河道に排水する。

一般的に、浸水想定区域図の検討等で用いられる手法は、降雨から河道流出量を算出する「流出解析」と、河道流出量が溢れ出し、堤内地へ氾濫水として氾濫の挙動を追跡する「氾濫解析」の2段階の解析となる。

今回、導入したRRIモデルは前述したものとは異なり、降雨を入力条件とし、河道流量から洪水氾濫までを一体で解析できる「降雨流出氾濫解析」モデルである (図-4)。

##### b) モデル構築

メッシュサイズは細かなほど小河川の表現が可能であるが、計算負荷が大きくなるため、中小河川を概ね表現できるサイズとして県全域を4秒メッシュ (概ね100m×120m) とした。

6時間先までの予測計算及び、それらの計算結果が10分ごとにリアルタイムで表示可能とするため、県民局等を基に兵庫県全体を8モデルに分割した (図-5)。ここで、RRIモデルの構築には、地盤高データ、流下方向データ及び上流集水メッシュ数データが必要となる。

そのため、これらのデータがすべて含まれる「日本域表面流行マップ」<sup>2)</sup>を使用し、土地利用設定には「国土数値情報土地利用細分メッシュデータ」<sup>3)</sup>を使用した。

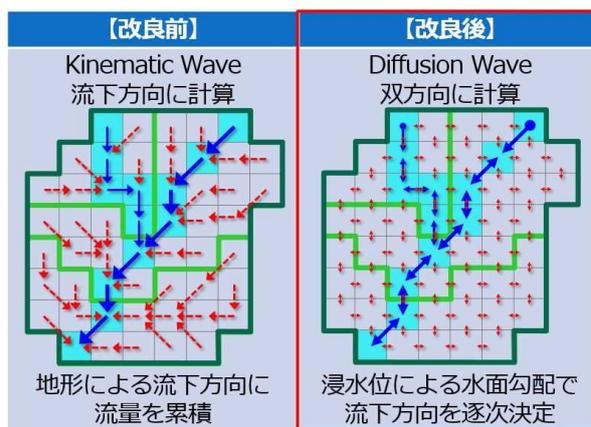


図-1 流下方向イメージ

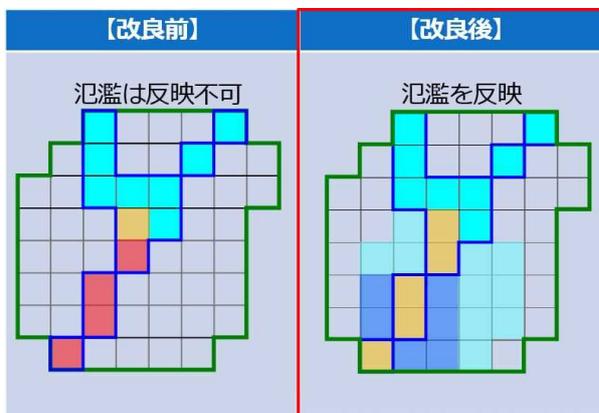


図-2 解析結果イメージ

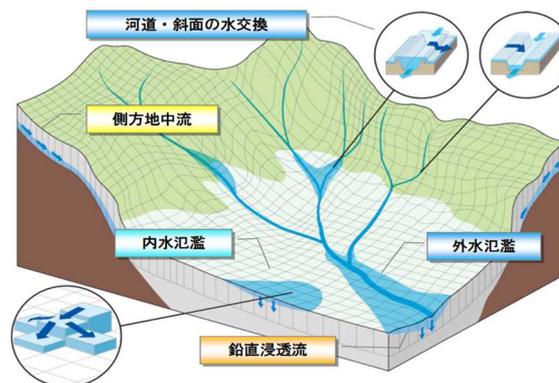


図-3 RRIモデルイメージ

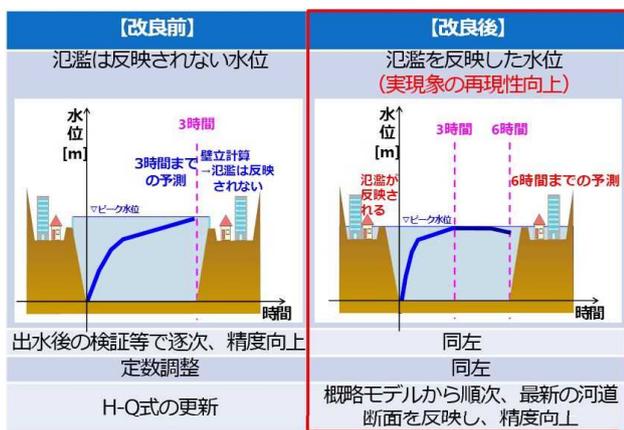


図-4 水位予測イメージ

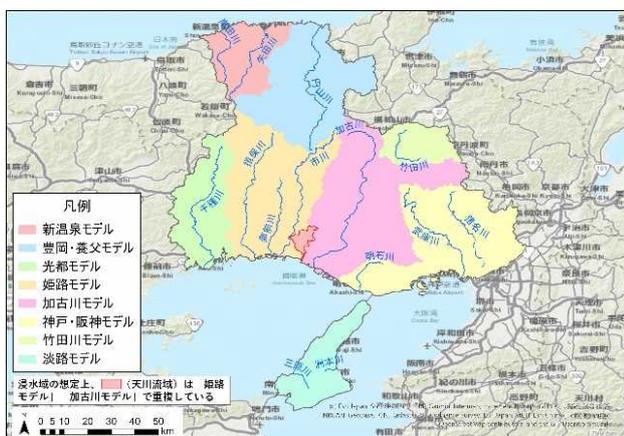


図-5 モデル分割

c) モデル検証

検証対象洪水は、1kmメッシュ雨量が配信された2006年以降の基準地点（もしくは最下流の水位観測所）において、観測水位が高い5洪水を抽出した。実績洪水を再現できるように、河道データの調整と合わせて、土地利用ごとの定数調整を行った。

観測水位と計算水位とのピーク水位差が±50cm以内となる検証結果の割合を「精度率」と定義し、本システム構築時の目標精度率は、「ピーク水位差が±50cm以内となる検証結果を6割以上」のため、本システム改良後も同様とした。現時点で、精度率は全体で約8割程度ではあるものの、河川によってバラツキがあるため、さらなる精度向上を図る（図-6）。

(3) 表示画面

本システムでは、危険度ラインとして一定の区間ごとに、流下能力が小さな箇所等、市町が河川状況を参考としている「評価地点」を設定している。この評価地点において、堤防高一余裕高を基本とした「基準水位」の超過によって「氾濫の恐れあり」を判断しており、「氾濫の恐れなし」が緑線、氾濫の恐れありが赤線に変わって表示される。

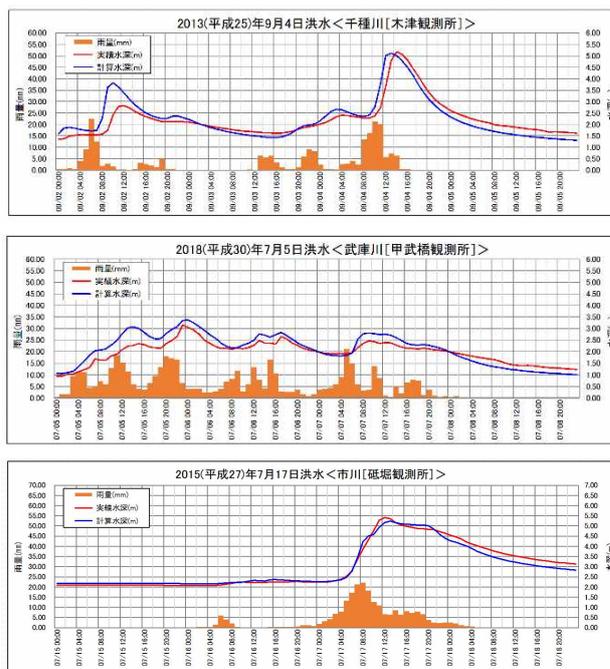


図-6 精度検証結果

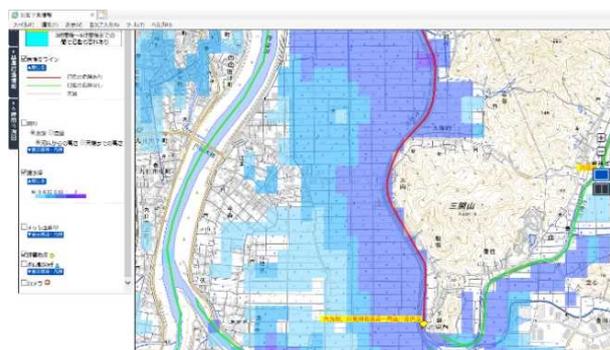


図-7 氾濫状況

解析手法の改良に併せ、表示画面も改良した。全体的な構成は変更せずに、浸水深等の掲載情報が増えたことで、各情報を「表示」「非表示」選択可能とし、閲覧者が欲しい情報を決定・表示する仕組みとした。改良点のうち、新たに追加した主な4点を述べる。

氾濫原の浸水深を深さで色分け表示（図-7）、雨量や河道水位・流量等の多数の情報を表示できることから、1画面（図-8）・2分割（図-9）の切替に加え、2分割画面では、同位置で左右異なる情報や両画面で同じズーム・移動も可能とした。また、任意地点で雨量ハイトや浸水深ハイドロ等の時系列グラフを表示する。

さらに、水位観測所や危険度ラインの危険度を判定する評価地点では、河川水深とともに、横断イメージ及び地点上流域平均雨量も表示する（図-10）。グラフ中央が表示時刻で中央より左が過去、右が表示時刻での予測となる。地点上流域平均累加雨量は、既往洪水や想定最大規模等の雨量と比較できるよう、過去の累加時間を6～72時間で選択し、雨量表示を可能とした。

(4) システムサーバの環境変更 (オンプレミス→クラウド環境)

本システムは、スーパーコンピュータを8モデルに対して8台導入し、順次空きコンピュータで計算することによりサーバ数をかなり削減できた (17サーバ→8サーバ)。モデル等を含むソフトウェアの実装環境をクラウド環境にすることにより、システムの異常・故障が起きた場合の遠隔監視・操作対応が可能となり、安全に稼働できるようにした。

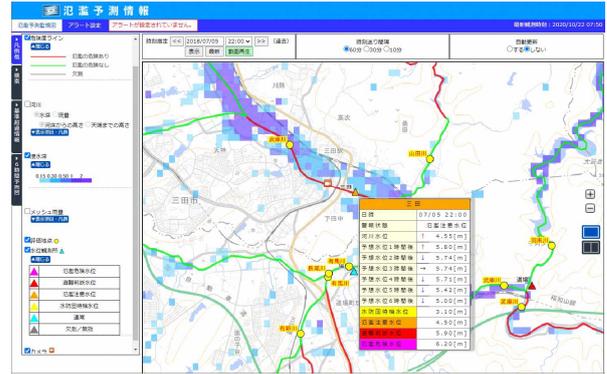


図-8 1画面 (地域詳細図)

4. おわりに

(1) 本システムの改良

兵庫県全域を対象として、リアルタイムに近い配信間隔で6時間先までの河川水位予測を可能とするとともに、RRIによる複合型氾濫解析モデルに改良し、クラウド環境で構築した。また、閲覧者が利用しやすいようweb表示画面を改良し、2020年10月1日より運用開始した。

洪水予測では氾濫を考慮している事例は少なく、システム構築も1水系単位での構築が一般的である。そのようななか、県全河川を対象とし、浸水状況も考慮した広域のリアルタイム水位予測は、自治体としては、先進的な取り組みと考える。

(2) 今後の展望

今後も「最新の河道断面のモデルへの導入」や「ダムモデルの追加」に加え、「洪水後、仮設水位計を活用した精度検証」等に取り組み、継続して精度向上を図る。

いざ氾濫が発生しても、浸水の範囲と程度の現状把握にも時間を要するなか、解析ではあるものの、浸水状況が想定できることは避難活動等の一助になると考える。

そのため、本県及び市町の職員が本システムの内容を理解するとともに、さらなる有効活用に向けて、継続して操作説明会(写真-1)や水防連絡会等で周知し、よりよい運用を図っていきたい。

そして、本システムが避難指示等の発令判断の一助となり、地域住民が早期の避難行動をとった結果、人的被害が防止されれば幸いである。

参考文献

- 1) 一般財団法人 気象業務支援センター「速報版降水短時間予報」  
<http://www.jmbc.or.jp/jp/online/file/f-online30450.html#kou-tan>
- 2) 日本域表面流向マップ  
<http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamada/JapanDir/>
- 3) 国土数値情報土地利用細分メッシュデータ,  
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b.html>,

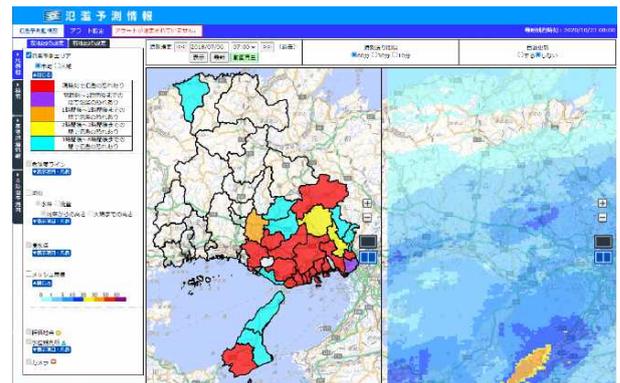


図-9 2分割画面  
(左:氾濫予測監視図・右:メッシュ雨量)

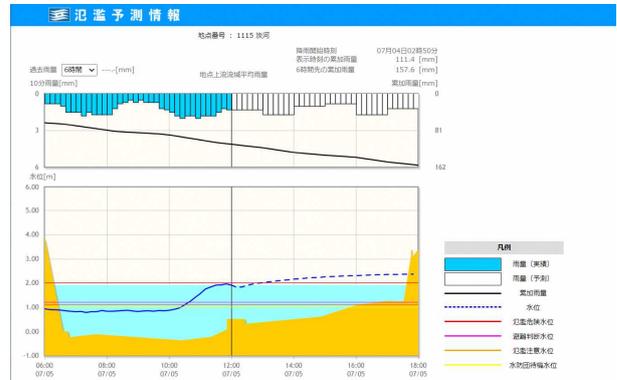


図-10 水位予測図



写真-1 操作説明会状況

# 既存ダムの活用による事前放流の拡大について

濃野 大地<sup>1</sup>

<sup>1</sup>兵庫県 県土整備部 土木局 河川整備課 (〒650-8567兵庫県神戸市中央区下山手通5丁目10番1号)

地球温暖化に伴う大雨の増加や台風の大型化が顕在化する中、効率的に治水安全度を向上させるため、兵庫県では、事前放流ガイドラインに基づき、発電や水道用水等の利水容量の一部を事前に放流する「事前放流」について、従前から導入しているゲートダムに加え、令和2年9月からさらに9ゲートレスダムでの事前放流の取り組みを開始している。

本論文では、ゲートレスダムの事前放流の取り組みに当たり、検討した内容、課題の整理、利水容量を活用するための利水者との協議内容、実施体制の構築について報告し、更なる事前放流の拡大に向けて、今後の課題と対応について考察する。

キーワード ダム, 事前放流, 既存ダムの活用

## 1. はじめに

近年、気候変動の影響が顕在化しつつあり、極端な降雨現象による洪水被害が頻発していることから、その対策が課題となっている<sup>1)</sup>。ダムは、既存施設を運用変更することにより早期に洪水調節機能の強化が可能であり、洪水が予測された際に、発電や水道用水等の利水容量を事前に放流し、洪水を貯める容量として治水活用する「事前放流」が効果的な対策の一つとして挙げられる。

これまでに兵庫県では、2009年より青野ダム、2013年より引原ダム、生野ダムの全てのゲートダムで事前放流に取り組んでおり特に、平成30年7月豪雨(2018年)で治水効果を発揮してきた。(図1)

平成30年7月豪雨(2018年)等を受け、国は既存ダムの運用について、2019年12月に「既存ダムの洪水調節機能強化に向けた基本方針」、2020年3月「事前放流ガイドライン」を通知し、水系毎に河川管理者及び関係利水者間で洪水調節に利用可能な利水容量(以下、洪水調節可能容量)等の内容を取り決めた治水協定を締結することとした。

兵庫県では治水協定に基づき、利水者と協議が整った9基のゲートレスダムで2020年9月から新たに事前放流の取り組んでいる。

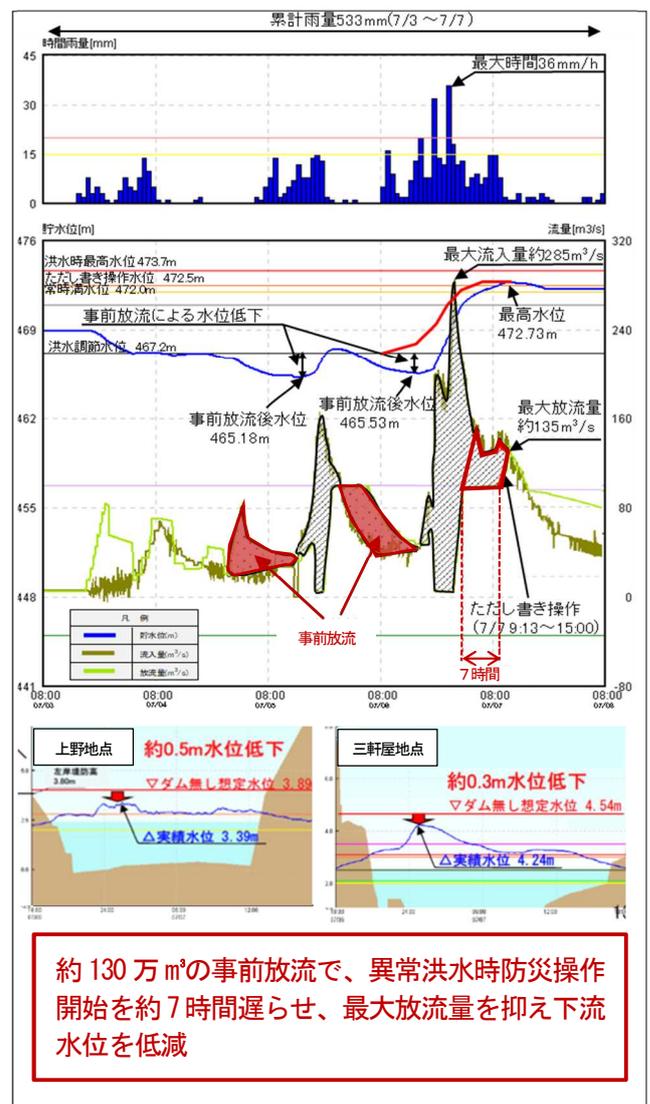


図1 事前放流の効果事例【平成30年7月豪雨(引原ダム)】

## 2. ゲートレスダムの事前放流実施における課題

### (1) 国の事前放流ガイドライン

国の事前放流ガイドライン<sup>2)</sup> (以下、ガイドライン)の主な内容を以下に示す。

#### a) 事前放流実施容量

既存放流設備の最大放流量で72時間放流した際に確保できる容量 (以下、洪水調節可能容量) の範囲内で実施する。

#### b) 事前放流開始基準

ダム毎に基準降雨量を設定し、国の雨量予測システムにおいて、気象庁の予測モデルGSMによる84時間先までの予測雨量、MSMによる39時間先までの予測雨量のいずれかが基準雨量に達した場合に開始。

### (2) ゲートレスダムにおける課題

ゲートレスダムにおいてガイドラインに基づき実施する場合、下記の課題がある。

- a) 本県のダムは、国交省と異なり、ダムの管理を市町等へ操作委託しており操作職員がいないことから72時間前からの事前放流体制は、困難な場合があり、実施可能な放流時間について検討する必要がある。
- b) 既存放流設備の最大放流能力で放流した場合、下流河川の水位上昇の検討が必要となる。さらに事前放流は利水容量 (水道用水等) を活用するため、ダム湖の水質への影響 (水道用水の悪化等) のない範囲で最大放流量を検討する必要がある。
- c) 水道用水を使用した場合、水位が回復しなかった場合の代替水源が確保出来ないことから事前放流実施容量については回復可能な雨量、回復しなかった場合の補償等も踏まえ検討・協議する必要がある。

## 3. ゲートレスダムにおける実施方針の検討

事前放流実施における課題については中・長期的に検討が必要な事象もあるため、段階的に検討していくこととし、今回はステップ1として2020年9月の運用開始を目標とし、短期間で対応可能な範囲で検討・協議することとした。

### (1) 検討の流れ

図2の検討の流れに基づき、実施対象ダム、洪水調節可能容量、実施時の放流量、基準降雨量、開始終了の判断基準、実施容量、実施体制の構築について検討する。

なお、検討にあたっては、図3の協議の流れのとおり本庁、土木事務所及び関係利水者間で協議し、実施方針を決定する。



図2 検討の流れ

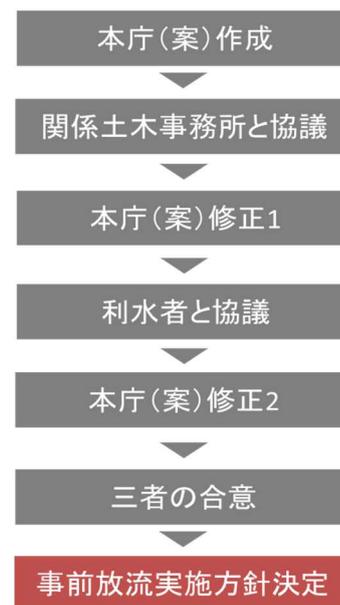


図3 協議の流れ

### (2) 利水者及び事務所との協議における課題と対応

利水者及び事務所との協議の中で出された課題について、短期間で協力得るために提示した本県の対応方針について以下に示す。

- a) **課題1:** 不特定容量を活用する場合、舟運、漁業、観光、地下水等の維持流量、農業用水利用等の利水関係者が多数存在し、協議調整に時間を要する。

【課題1への対応1】

早期に対応するため協議の相手方が明確な利水事業者を対象として進めることとした。

- b) **課題2:** ダムの管理を市町等へ操作委託しており操作職員がいない等、事前放流実施の際に配置する人員が少ないことから72時間の事前放流を実施する体制は、困難な場合がある。

【課題2への対応】

事前放流実施時間を基準雨量に達してから人員の収集時間から交代要員等を考慮し配置可能である24時間とした。

- c) **課題3:** 水道水が不足した場合、代替水源がないダムもあり現物補償が困難となる場合がある。さらに、渇水傾向にあるダムもあるため、事前放流が要因で渇水にならないよう配慮する必要がある。

【課題3への対応1】

基準降雨量について、通常の雨では生じない雨量(ダム計画雨量)を採用することで、その後の降雨により水位回復が明らかな場合に実施することとした。

【課題3への対応2】

常時満水位等、各ダムで基準水位を決定し、これより貯水位が下回っている場合は実施しないこととした。

- d) **課題4:** 事前放流実施時の放流量については、各操作規則に定めている最大放流量で放流した場合でも、下流河川の水位への影響、水位低下に伴うダム湖の水質の変化が想定されるため、検討が必要。

【課題4への対応】

通常維持流量として放流している実績程度である「期別維持放流量の最大値」を目安に放流する等、水位・水質に影響がないことが明らかであり、かつダム操作規則・細則の範囲内(放流の原則の順守)での放流量を最大放流量とした。

- e) **課題5:** 利水者が協力するためには、前放流の実施による下流の水位低減の効果があるなどのメリットを示す必要がある。

【課題5への対応1】

事前放流における洪水ピーク時への下流河川への水位低減効果については小さいが、常用洪水吐からの放流を遅らせることができるため、洪水初期における効果に加え、待機時間の縮減等の管理の軽減につながるメリットがあることを説明した。

#### 4. 事前放流実施方針の検討結果

4で述べた課題と対応を踏まえた検討結果を表3のとおり整理し、2020年9月運用開始した実施方針を以下に示す。

① **実施対象ダム**

今回の実施対象ダムは、水道用水の特定利水容量を持つ多目的ダム9ダムを対象とした。利水容量には目的が限定される電力や水道等の特定利水容量と目的が特定されないかんがいや維持流量等の不特定利水容量に分類される。この中で不特定利水容量については、利水者が多数にわたることや、環境への影響の検討等が必要であり、協議に時間を要することから対象外とした。

② **洪水調節可能容量の算出**

既存放流設備の最大放能力で72時間放流した際に確保できる容量を算出した。

③ **実施時の放流量の決定**

ダム毎の既設放流設備の放流能力の範囲内で放流に伴う下流水位の上昇及び水質を考慮し、ダム操作規則・細則の範囲内(放流の原則の順守)での放流量とした。

④ **事前放流実施時間**

事務所の水防体制において職員の収集、交代等考慮し対応可能な24時間とした。

⑤ **基準降雨量**

実施頻度を考慮し、ダムが満水になる可能性があるダム計画時の降雨量(1/100規模)とした。

⑥ **実施開始終了の判断基準**

図4の事前放流実施フローのとおりとし、国の雨量予測システムMSM(39時間予測)はGSM(84時間予測)より予測精度が高いことに加え、39時間前に情報入手してから準備時間を考慮しても24時間の事前放流が実施可能であることからMSM(39時間予測)の予測降雨量が基準降雨量を超過した場合実施することとした。

⑦ **事前放流実施容量**

水道用水を活用するため、後の雨量により回復が見込まれる範囲内とし、さらにダム湖は水位により水質が変化することが考えられるため、取水する際の水質に影響のない範囲内として、③で決定した放流量で24時間放流できる量とした。

⑧ **事前放流実施体制の構築**

本庁及び土木事務所で水防時の洪水警戒体制の中で実施することとした。

以上から、実施対象9ダムについて表1のとおり合計191千 $\text{m}^3$ の事前放流実施容量を確保することができた。

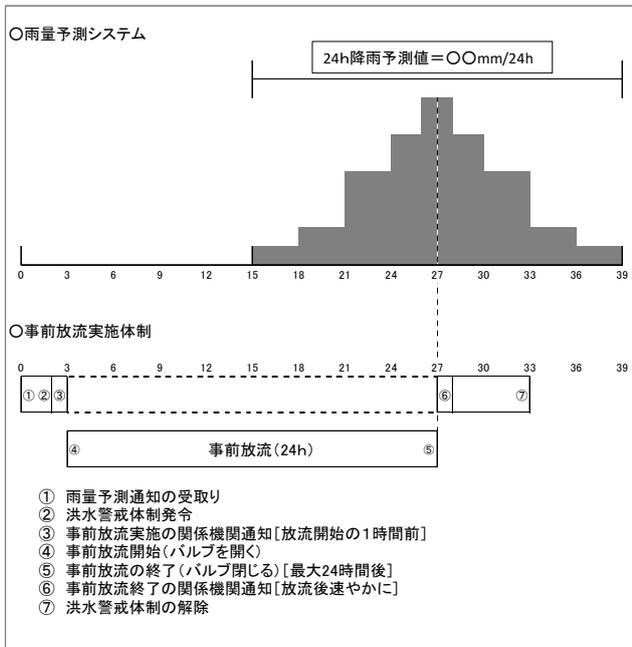


図4 事前放流実施の流れ

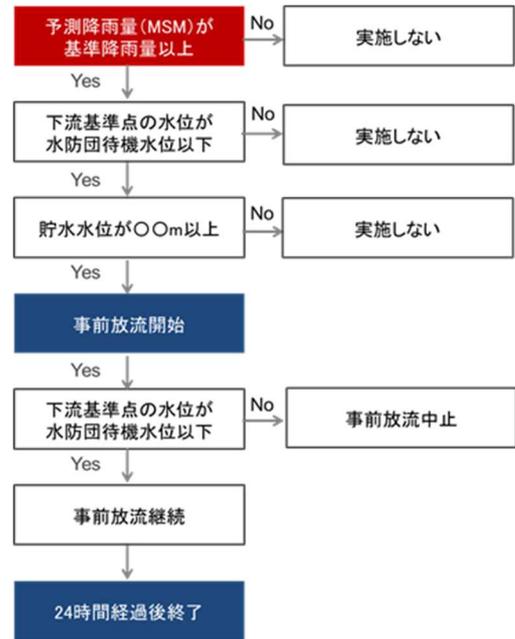


図5 事前放流開始終了の流れ

表1 検討結果

①実施対象 ダム	②最大 放流量 (m <sup>3</sup> /s)	洪水調節 可能容量 (千m <sup>3</sup> )	②放流実 施時間 (h)	③基準 降雨量 (mm/24h)	⑤事前放流 実施容量 (千m <sup>3</sup> )	回復に必要 な総雨量 (mm)
みくまり	0.30	73	24	234	26	22
大路	0.15	100	24	249	13	6
但東	0.63	155	24	197	55	60
与布土	0.31	354	24	217	26	7
三宝	0.12	69	24	235	10	12
栗柄	0.31	183	24	245	27	36
牛内	0.09	438	24	333	8	5
成相		2,375		333		
北富士	0.30	246	24	333	26	7
計		3,993			191	

### 5. 事前放流実施による効果

今回の運用開始した兵庫県管理のゲートレスダムにおける事前放流の効果(事前放流実施容量191千m<sup>3</sup>)は、利水ダムや従前から実施してきたゲートダムの事前放流と合わせて兵庫県全体における既存ダムの有効活用による取り組みの効果として、治水活用容量の総量6,041万m<sup>3</sup>を確保(2020年9月時点)し、治水ダム約28基を新たに建設する容量に匹敵するものであることを示した。

しかし、ダム毎の事前放流における効果については、洪水ピーク時の下流河川の水位低下にどれだけ寄与するかが重要である。

このため、ダム毎の下流河川における水位低減効果但東ダムを例として概略算定したものを以下に示す。(図6)但東ダムの例において洪水ピーク時の下流の水位低減効果としては、1cm未満と小さく、他の8ダムについても同様に小さい結果となり、常用洪水吐きからの放流(下流河川の水位が上昇)のタイミングを数時間遅らせる効果に留まった。これは今回運用開始した事前放流

(24時間)により確保できる容量が少ないため、今後さらに事前放流実施容量の拡大に向け検討していく必要性が示唆された。

から、今後さらなる容量確保に向け段階的に検討していく必要がある。そのために必要となる課題を以下に示す。

(1) 事前放流実施容量の拡大

a) 予測降雨量システムの精度向上

国土交通省予測降雨量システムの精度検証と局地的なダムでの予測システムの構築、回復可能テーブルを作成し、水位回復しない可能性を最小化する。

b) 事前放流実施容量の拡大

- ・ 下流への影響等を精査し、実施時の放流量と実施時間を増やし(24→72時間)、事前放流実施容量を拡大。
- ・ 不特定利水容量の利用実態を把握し活用を検討。

c) 事前放流による利水者への対策

- ・ 水位が戻らない場合の温水対策として、代替水源が確保出来ない場合の対策を検討。
- ・ 貯水位低下による水温成層の乱れによる水質影響や浄水処理の評価検討
- ・ 利水者の声を反映した補填制度となるよう、さらなる充実を国へ働きかける。

d) 事前放流するためのマンパワーの確保

事前放流に要した経費を支援する制度の構築を国へ働きかける。

(2) 事前放流実施における効果の検証

- 事前放流実施容量の拡大にあたって段階的に検討していく中で、洪水ピーク時の下流河川ネック箇所における水位低減にどの程度寄与するか、その都度検証し効果的な事前放流実施に向け評価しておく必要がある。
- 個々のダムのみではなくダム群で下流水位低減にどの程度寄与するかダム群での効果の検証。
- 効果の大きいダムにおいては優先的に拡大を検討。

上記の課題以外にもダム毎に現場の者にしか分からない固有のものもあり、確実に取り組んでいくためには本庁、土木事務所、関係利水者とより密な調整と協力関係を築くことが重要となる。

今後は、現行の制度の中で土木事務所が円滑に事前放流を実施できるようサポートしていくとともに、三者間でより密に調整しながら上記の課題を段階的に検討し、実施容量拡大、効果的な事前放流実施に向け努めていきたい。

参考文献

- 国土交通省 水管理・国土保全局：水害レポート2020
- 国土交通省 水管理・国土保全局：事前放流ガイドライン2020

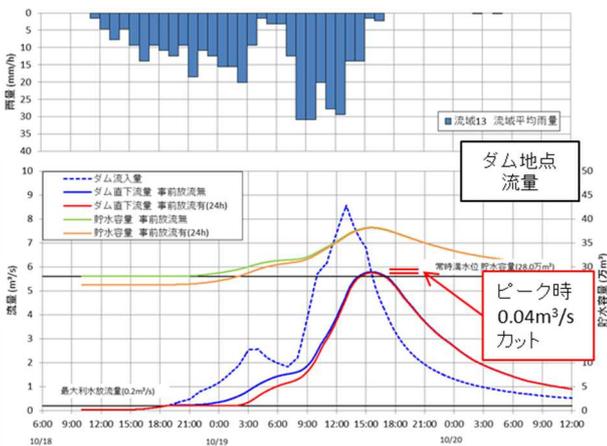
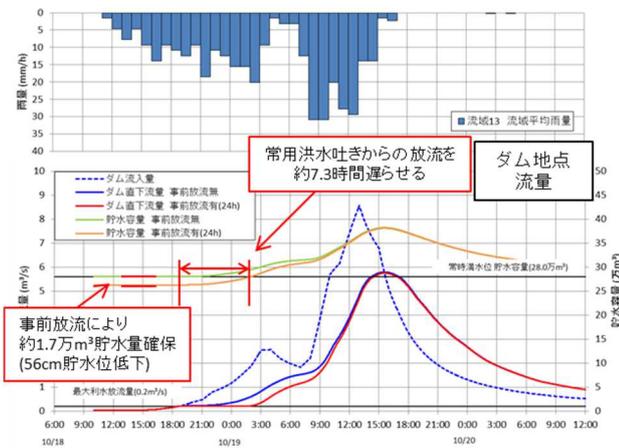


図6 但東ダムでの効果例

6. まとめと今後の課題

今回のゲートレスダムの事前放流の運用開始は、短期間の調整で対応可能な事象に絞り検討・対応し、体制の構築を行ったため実現することができた。このため、確保した事前放流実施容量(191千m³)は、洪水ピーク時における下流河川の水位低減効果は小さいものとなった。しかし、検討の中で算出した洪水調節可能容量(3,993千m³)まで効果を拡大できる可能性があること

# 神戸港における陸閘の遠隔操作・監視化の推進

大待 達郎<sup>1</sup>

<sup>1</sup>神戸市港湾局ウォーターフロント再開発推進課 (〒650-0046 兵庫県神戸市中央区港島中町4-1-1)

神戸市では、神戸港における南海トラフ巨大地震に伴う最大クラスの津波に対する防災・減災対策の一環として、陸閘の遠隔操作システム及び、遠隔監視システムの整備を進めている。遠隔操作システムはJ-Alertをトリガーとして60分以内に全ての対象陸閘を自動的に閉鎖する。遠隔監視システムはLPWAの無線通信規格の一つであるLoRaWAN<sup>TM</sup>を活用することで、対象陸閘の閉鎖状況を迅速かつ確実に把握するものである。これらのシステムは、神戸市職員が指定のタブレットから閉鎖状況を任意の場所、時間で確認することが可能であり、遠隔操作対象陸閘は開閉操作も可能な神戸市オリジナルの津波防災IoTである。

キーワード 陸閘の遠隔化, 防災, リスク

## 1. 背景

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震に伴う津波による巨大災害を受け、2011年9月に取りまとめられた中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告」では、今後の津波対策を構築するにあたり、二つのレベルの津波を想定する必要があることが示されたり、一つは、後述する最大クラスの津波に比べて発生頻度は高く、津波高は低いもの大きな被害をもたらす津波（レベル1津波）、もう一つは発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波（レベル2津波）である。

神戸市では、今後30年以内に70～80%の確率で発生が予測されている南海トラフ巨大地震に伴う最大クラスの津波から堤内地の人命・財産に関わる被害の防止・低減を図るため、1960年代後半から進めてきた全長約60kmに渡る高潮対策事業によりレベル1津波の対応は可能となっており、レベル2津波対策として2015年度より海岸保全施設の破堤等の防止、堤内地の浸水深を30cm以下とすること等を目的に整備を進めている<sup>2</sup>。

一方、神戸港は1868年の開港以来、東洋を代表する貿易港として栄え、また神戸市は国内随一の工業都市として発展してきた経緯があるため、現在でも海岸沿いには多数の地元企業等が立地している。したがって先述の高潮対策事業では、津波・高潮から堤内地の浸水被害を防止・軽減すると共に、商業・工業活動に支障を生じさせないために、神戸港海岸沿いに数多くの陸閘を整備した。台風等に伴う高潮時には神戸市職員や地元企業等の社員、地域の方々等で構成される陸閘閉鎖作業従事者（以降、閉鎖作業者）が協力し、陸閘の事前閉鎖に当たってきた。

他方、事前に発生の予測が困難である大規模地震に伴う津波に対しては、津波到来の予測が高潮と比べて困難であることや、南海トラフ巨大地震に伴う最大クラスの津波が地震発生後から約90分で神戸港海岸に到達することが予測されている中、全ての陸閘を確実に閉鎖すると共に、閉鎖状況を迅速に確認することは極めて困難であることが予想される。加えて、東北地方太平洋沖地震直後には閉鎖作業者が津波に巻き込まれて亡くなった例が多くあったこと等から、閉鎖作業者の身の安全を確保する必要がある。

以上より、神戸市は閉鎖作業者の身の安全を確保し、陸閘の確実な閉鎖、及び閉鎖状況を可能な限り迅速かつ正確に把握するため、インフラ整備による津波災害リスク低減の実現に向けて検討を行い、後述する神戸港における陸閘の遠隔操作システム及び遠隔監視システムの整備を実施する運びとなった。

## 2. 神戸港における陸閘の遠隔操作・監視の特徴

本章では、神戸港における陸閘の遠隔操作システム及び遠隔監視システムの特徴について概説する。

神戸市では2015年度に先述の約半世紀に渡る海岸保全施設を対象とした高潮対策事業を完了している。2015年度にはレベル2津波対策事業の本格着手に移行したが、時をほぼ同じくして神戸港における陸閘の遠隔操作・監視化事業の検討を開始した。事業完了に伴う防災・減災効果を確認した上で、国土交通省及び総務省から防災・安全交付金や東北地方太平洋沖地震を契機に創設された緊急防災・減災事業債を活用した整備事業認可を頂き、2018年度に本格的に工事着手した。2021年現在も整備を

進めているところであり、整備完了は2024年度を予定している。

神戸市では神戸港における陸閘の遠隔操作・監視化事業の検討をする上で、整備後の防災・減災機能を確保しつつ、可能な限り安価で整備・運用できることに重きを置いた結果、次のように整備・運用方針を固めた。

- a) 整備にあたっては日頃の開閉状況や現場環境等を鑑み、陸閘の遠隔操作と遠隔監視に区分して整備すること
- b) 遠隔操作の整備においては、陸閘の安全かつ確実な閉鎖を最優先すること
- c) 遠隔監視の整備においては、整備費用を可能な限り安価にすると共に、公共インフラ主体が提供する通信網を活用することで確実な監視体制を構築すること
- d) 運用面では昨今注目されているIoT (Internet of Things : 物のインターネット) を前提とすることで、確実な遠隔操作・監視を実現すると共に運用単価の軽減を図ること

c)については、LPWA (Low Power Wide Area : 省電力広域無線) の活用について本格検討を行い、西日本電信電話株式会社管内において株式会社エヌ・ティ・ティ・ネオメイトが提供するLPWAの無線通信規格の一つであるLoRaWAN™ (Long Range Wide Area Network) を活用することとした。詳細は第4章にて後述するが、LoRaWAN™は整備費用を安価に抑えつつ、少量の情報を比較的離れた場所に多角的に伝送できる特徴を持つ。

次に、d)に関するIoTに関する国内の動向として、2016年4月20日に改正された特定通信・放送開発事業実施円滑化法の附則では、「インターネット・オブ・シングスの実現」を「インターネットに多様かつ多数の物が接続され、及びそれらの物から送信され、又はそれらの物に送信される大量の情報の円滑な流通が国民生活及び経済活動の基盤となる社会の実現」として定義された。これらの動向も鑑み、神戸市では指定のタブレットを用いて職員が時間・場所を問わずに陸閘の開鎖状況を迅速かつ確実に把握すると共に、遠隔操作対象陸閘に対しては遠隔地から開閉操作ができる仕様とした。図-1に、タブレットを用いた神戸港における遠隔操作・監視システムの概念図を示す。

東北地方太平洋沖地震や今後の発生が予測されている南海トラフ巨大地震に対する津波防災・減災事業の一つとして、陸閘の遠隔操作システムを導入している自治体はいくつか存在する<sup>29)</sup>が、津波防災・減災事業で上記に基づいた本格整備・運用を開始したのは全国で神戸市が初めてのことであり、これは兵庫県南部地震を経験した神戸市のオリジナルアイデアである。

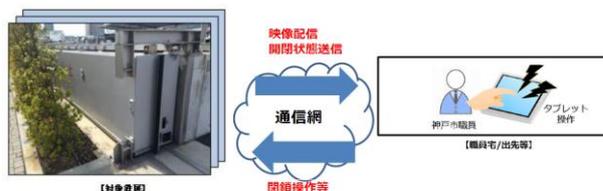


図-1 タブレットを用いた陸閘遠隔操作・遠隔監視システムの概念図

### 3. 神戸港における陸閘遠隔操作システムの概要

本章では、神戸港における陸閘遠隔操作システム（以下、操作システム）について概説する。操作システムの構成図を図-2に示す<sup>30)</sup>。操作システムは南海トラフ巨大地震等に基づき気象庁から大津波警報または津波警報が発令されると同時に起動する全国瞬時警報システム（以下、J-Alert）をトリガーとして、仮想化サーバー（APサーバー）からの指示を光主回線を介して図-3右下に示す遠隔制御操作盤が受けた上で、次のような各種制御が実施可能となる。

- a) 陸閘近傍に設置された多設備柱に取り付けられた回転灯の点灯及び4か国語（日本語・英語・中国語・韓国語）による警告放送の鳴動（図-3左上）に基づいた避難時間の確保を伴う呼びかけ
- b) a)の動作が30分間実施された後、30分以内に全ての陸閘の閉鎖の実施による、津波到来までに余裕を持った閉鎖完了の実現
- c) 陸閘閉鎖中に指定のタブレットまたは神戸市港湾局執務室に設置された制御PC付きモニター画面（以下、タブレット等）に映し出される現地カメラ映像を神戸市職員が確認し、一時停止をする必要があると判断した場合は、タブレット等から任意に閉鎖動作を一時停止するために操作することが可能
- d) 陸閘閉鎖中に車両等が通過し、陸閘と接触すると同時に陸閘側面に設置された図-3左下に示す挟まれ防止センサーが感知した場合は、閉鎖動作が一時停止
- e) c)またはd)の後、神戸市職員が指定のタブレット等に映し出される現地カメラ映像を確認し、安全を確認した後に閉鎖再開指示が可能

以上の各種制御は、図-2に示す遠隔操作システム構成図に沿って実施される。なお、図-2に示す各陸閘は2018年度予算での整備対象のみ抜粋して掲載しており、本稿では簡単のためこれらの陸閘のみを解説の対象とすることに留意されたい。神戸市中央区内の各陸閘と後述する中継局及び神戸市役所本庁舎の位置関係を図-4に示す。

また、操作システムの構築に伴い、次の点に留意して整備を進めることとなった。

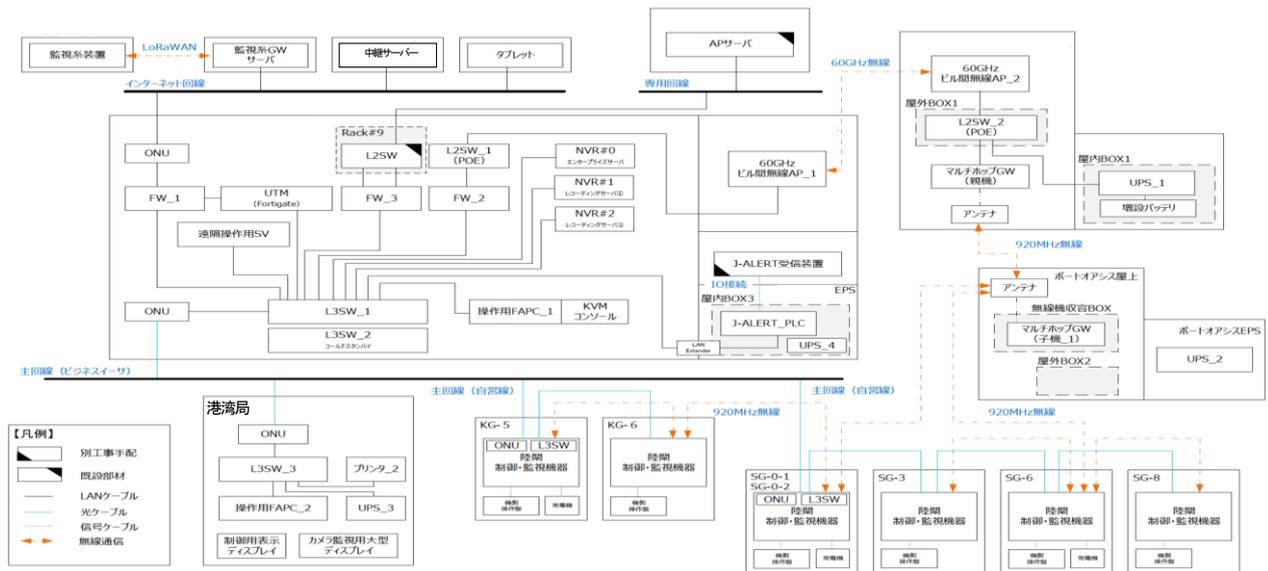


図-2 陸間の遠隔操作システム構成図

- f) 遠隔操作化には陸間の電動化が必須となるため、電動化が完了していない陸間に対して電動化工事を実施するとともに、各種機器を堤内地に設置することで津波・高潮による機器の被害発生確率の低減を図ること
- g) 南海トラフ巨大地震等の大規模地震の影響により、開閉指示信号が陸間に至るまでに経由する光主回線が断線する可能性があるため、神戸市役所から図-4内に示す中継局を介して各陸間近傍に設置された多設備柱に取り付けられた920MHz帯無線アンテナに開閉指示信号が伝達される仕様とすることで、陸間閉鎖の確実性を向上させること
- h) 920MHz帯中継局アンテナにはマルチホップ機能を有するGW（ゲートウェイ）をUPSと共に併設することで、各陸間への閉鎖指示信号に連動性を常時持たせると共に、中継局アンテナの整備を最小限に留めること
- i) 大規模地震によって有線による電力供給が滞る可能性があるため、複数の陸間で構成されるグループ毎に閉鎖に必要な電力を貯蔵した非常用発電機（図-3右上）を設置し、陸間の自動閉鎖を確実なものとする
- j) i)については、有線による受電が確認されなければ、直ちに受変電切替盤（図-3右上）を介して非常用電源に切り替える仕様とすること
- k) 遠隔操作化に伴い陸間の休止フックを廃止する場合は、動力と繋がるサイクロ減速機と車輪との間に設置された電磁クラッチが停電時も含めて常に減速機と接続された状態とすることで、神戸市が意図しない陸間の開閉を防ぐこと

なお、操作システム及び次章以降で説明する遠隔監視システムはインターネット網を通じた陸間の閉鎖操作・監視に関する通信が行われるため、外部からの不正なアクセスを防止するためにセキュリティの確保が重要となるが、これらについては第5章内で解説する。



図-3 遠隔操作対象陸間及び周囲の各種機器



図-4 本稿で対象とする操作対象陸間と中継局等の位置関係図

#### 4. LPWAに関する既往研究等の整理

本章では、神戸市が全国に先駆けて津波・防災の本格実装に適用したLPWAおよびLPWAの無線通信規格の一つであるLoRaWAN™に関する既往研究等を整理し、LPWAの有用性を確認する。

Fei Guらは、LPWAに関する概説を行った<sup>6)</sup>。LPWAは2017年時点で、IoTにおける無線通信手法として、全世界における利用の約25%を占めており、2017年現在のLPWAに起因する収益額は全世界で7千億米ドルを超えるなど、年々需要が高まっていることが示されている。LPWAは図-5に示すように他の無線通信手法と比べ、単位時間当たりの通信速度は最大でも100Bps程度と低いものの、理想的な条件下では10km以上の通信距離を有する。また、通信速度が比較的高いLTE等の無線通信手法と比べ、初期投資を安価に抑えることができるため、少量かつ広域のデータ通信が必要な用途での利用に適することが示されている。LPWAの中でも、LoRaWAN™は最も優れた物理層プロトコルの一つとされており、1GHz以下の周波数帯で最大250バイトのデータ通信が可能である。また、変調方式としてスペクトラム拡散変調を採用しているため、秘匿性や省電力性、多元接続性に優れている。加えて、LoRaWAN™は無免許で利用できる無線通信規格であることからIoTでの利用を検討する際のハードルが低いことなど、様々な長所が示されている。

Dae-Young Kimらは、LoRaWAN™によるネットワーク通信の頑健性（ロバストネス）の向上を目的として、LoRaWAN™ネットワーク上のデータレートを効率的に調整するための手法を提案した<sup>7)</sup>。データレートの調整はLoRaWAN™ネットワークの頑健性向上に寄与するが、送信割合、受信信号の強さ、データセッションの長さなど、ネットワークの混雑状況を示す各種パラメータと、実際のネットワーク上の混雑状況を回帰分析に基づき明らかにすることで、最適なデータレート調整が可能となり、ひいてはネットワークの頑健性を最大限に高めることができる可能性を示唆している。現在、我が国におけるLoRaWAN™は黎明期から成長期にあたる時期にあるため、神戸港における陸隔監視システムはデータレートを一定としても問題ないが、今後のLoRaWAN™需要拡大後も安定的に無線通信が可能となることが示唆される。

小林らは、LPWAを用いた市街地でのリアルタイム浸水モニタリングに関する研究を行った<sup>8)</sup>。小林らは、気象や土地利用の変化等により頻発、激甚化する水害に対応するため、2013年以降の度重なる水防法の改正に基づき、大規模地下街や要配慮者利用施設等において策定が義務化された避難確保計画及び浸水防止計画に注目した。計画策定の際には、大量の止水板設置や入場規制実施の最適化が重要となるが、対応者が内水氾濫に伴い、非常体制へ移行する際の意思決定を迅速に行うためのツールとして、LPWA無線通信規格の一つであるLoRaWAN™を

用いたセンサーが有効であることを示している。また、LoRaWAN™の有効性を実証するために、横浜市西区の横浜駅近くのビルにLoRaGW（ローラゲートウェイ：LoRa基地局）を、河川や排水溝等に複数のセンサーをそれぞれ取り付け、2018年8月8日～12月16日までの131日間に渡るケーススタディを実施し、水位上昇に伴うセンサー検知の信頼性を付近の潮位計の記録等と照らし合わせることで確認した。このケーススタディでは、風雨やゴミの影響が誤検知に繋がった事例が散見されたことから、これらの解決を今後の課題として整理している。ただし、神戸港における陸隔遠隔監視システムでは次章にて後述するマグネット式接点センサーを介して開閉状況を確認するため、整備にあたって特段の支障はない。

福岡市は、2017年7月から2020年3月にかけて、西日本電信電話株式会社及び株式会社エヌ・ティ・ティ・ネオメイトらと共に、福岡市内にLoRaGWを複数配置することで「Fukuoka City LoRaWAN™」という名のLPWAネットワークを構築し、IoT実証実験用に企業や団体への提供を行った<sup>9)</sup>。福岡市は防災のみならず、子供や高齢者の見守り、農業、交通、設備機器等、様々な用途への実証可能性を明らかにした。

以上の既往研究等から、LPWAは神戸港における陸隔の遠隔監視システムへの適用有用性が確認された。

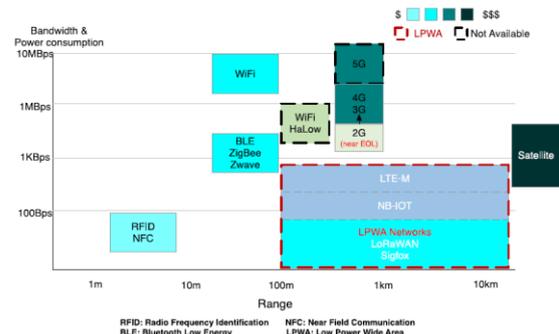


図-5 各無線通信手法の通信速度と電波伝達距離<sup>9)</sup>

#### 5. 神戸港における陸隔遠隔監視システムの概要

本章では、前章で確認されたLPWAの有用性を前提とした神戸港における陸隔遠隔監視システム（以下、監視システム）について概説する。監視システムの構成図を図-6及び図-7に示す<sup>10)</sup>。なお、これらは図-2に示す操作システム構成図から監視システム部分を抜粋したものに相当する。監視システムは各陸隔に取り付けたリードスイッチ内蔵マグネット式接点センサーの陸隔開閉感知情報を、図-8に示すアンテナ内蔵型LoRaWAN™通信モジュールを起点とし、神戸市内に設置されたLoRaGW（ARIT T.108に定める特定小電力無線局）へ、免許不要無線帯域である920MHz帯を利用したLoRaWAN™環境を利用することで開閉情報が伝送される。なお、センサーからLoRaGWへのデータ伝送が失敗した場合に備え、





図-11 本稿で対象とする陸閥及びLoRaGWの位置・名称

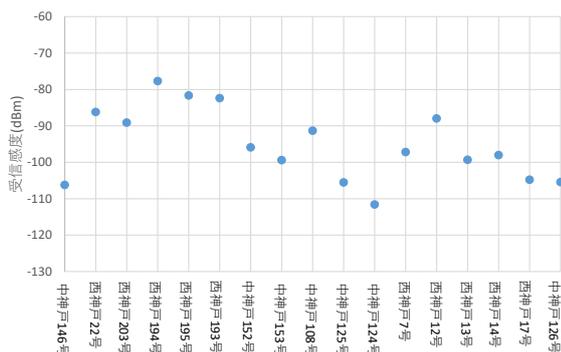


図-12 電波調査結果

表-1 電波調査判定基準

判定	受信感度平均値 (dBm)	解説
-	-122未満	接点情報を1回送信で成功する確率が低い、電波の緩慢なレベル変動により、一時的に再送を行っても通信が成功しない場合がある。
△	-114未満	接点情報が1回送信で成功する確率が高くなる。電波の緩慢なレベル変動の影響を受けにくい。
○	-114以上	接点情報が1回送信で成功する確率が高い。電波の緩慢なレベル変動の影響を殆ど受けずに、安定した通信が可能。
◎	-105以上	非常に良好な通信が可能。

## 6. まとめ

本稿では、南海トラフ巨大地震に伴うレベル2津波対策事業の一環として神戸市が整備を進めている、神戸港における陸閥の遠隔操作・監視システムについて概説した。操作システムは、J-Alert受信から60分以内に全ての対象陸閥を、南海トラフ巨大地震発生後でも確実に自動閉鎖できるものであり、2024年度の整備完了を予定している。また、監視システムは、LPWAの無線通信規格の一つであるLoRaWAN™を採用することで、陸閥の閉鎖状況を確認できるものであり、整備コストを安価に抑えることも可能であるため経済的である。これらのシステムは指定のタブレット等を通じて陸閥の閉鎖状況を確認し、遠隔操作対象陸閥については任意の時間、場所において神戸市職員による開閉操作が可能であるため、神戸市は津波防災IoTを構築した点で新規性を有する。また、神戸市では兵庫県南部地震から24年目の2019年1月17日に、久元喜造市長主導の下、陸閥の遠隔操作・遠

隔監視に関するデモンストレーションを行い、メディアを通じて地域に本事業について発信した。

神戸市では2020年1月より順次上記システムの運用を開始しており、南海トラフ巨大地震に伴い神戸港海岸への来襲が危惧されるレベル2津波に対応する体制を構築し、津波災害リスクの低減を図っている。しかし、真の津波防災リスクの低減は上記のようなハード整備だけでは十分ではない。真の津波防災リスクの低減を実現するためには、神戸市職員や地元企業等の社員、地域の方々等、閉鎖作業者が可能な限り身の安全を確保しつつ、確実な陸閥閉鎖に向け、津波避難訓練や陸閥閉鎖訓練等を通じて津波防災意識を高めるなど、ソフト面での対策も継続的に実施することが重要である。

## 異動に伴う対応

著者は2020年5月21日付で、神戸市港湾局海岸防災課から神戸市港湾局ウォーターフロント計画課に人事異動しているため、本稿の内容は著者の前所属での業務内容に関連したものとなっている。なお、同課は2021年4月1日付の組織改正に伴い、神戸市港湾局ウォーターフロント再開発推進課となっている。

**謝辞:** 本稿は、神戸港における陸閥・水門の遠隔操作・監視化に係る設計・整備にご尽力いただいた西日本電信電話株式会社、株式会社エヌ・ティ・ティ ネットワーク、大井電気株式会社、オムロン ソーシャルソリューションズ株式会社、株式会社ニュージェック、本稿に対する助言を頂いた広島大学大学院先進理工系科学研究科所属の布施正暁准教授、その他関係する全ての方々のご協力の下完成しました。ここに深く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 国土交通省国土技術政策総合研究所, 国総研プロジェクト研究報告第52号, 2016
- 神戸市みなと総局(現:神戸市港湾局), 神戸港南海トラフ巨大地震に伴う津波対策計画, 2015
- 岩手県, 岩手県 水門・陸閥自動閉鎖システムパンフレット, 2017
- 静岡県清水港管理局ほか, 清水港防災ステーションシステムガイド, 2007
- 株式会社ニュージェック, 神戸港水門・陸閥等遠隔操作・監視設備工事実施設計書, 2018-2020
- Fei Gu et al., Survey of the low power wide area network technologies, Journal of Network and Computer Applications, 149, 102-159, 2020
- Dae-Young Kim et al., Adaptive data rate control in low power wide area networks for long range IoT services, Journal of Computational Science 22, 171-178, 2017
- 小林亘ほか, LPWAを用いた市街地でのリアルタイム浸水モニタリングに関する研究, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.75, No.1, 36-47, 2019
- 福岡市経済観光文化局, Fukuoka City LoRaWAN™ホームページ, 2017
- 西日本電信電話株式会社, 神戸港水門陸閥監視システム設計及び整備業務詳細設計書, 2019-2021

# 360度動画による土砂災害警戒区域認知度向上の取り組み

岸畑 明宏<sup>1</sup>・筒井 和男<sup>1</sup>

<sup>1</sup>和歌山県土砂災害啓発センター（〒649-5302和歌山県東牟婁郡那智勝浦町市野々3027番6）

令和2年8月に土砂災害防止対策基本指針が変更され、その際に追加された事項として、土砂災害警戒区域等の認知度向上（住民への周知）がある。和歌山県内では土砂災害防止法に基づく基礎調査を令和元年度に終え、令和2年度には県内全域の警戒区域の指定を完了し、その認知度向上のための取り組みを行っている。本研究では、警戒区域が土砂災害の現象毎（土石流、急傾斜地の崩壊、地すべり）に存在し、土石流に関するものは谷とその出口に位置するなど、地形と併せて警戒区域を示すことで、認識されやすくなることを期待し、360度動画による警戒区域の認知度向上を行った取り組みを紹介する。

キーワード 土砂災害警戒区域、認知度向上、GIS、360度動画

## 1. はじめに

土砂災害防止法による土砂災害の防止のための対策に関する基本的な指針を定める「土砂災害防止対策基本指針<sup>1)</sup>」が2020年8月4日に変更され、基本的な事項として「土砂災害警戒区域等の指定の早期完了」、 「土砂災害警戒区域等の認知度向上」が追加され、住民に対して土砂災害警戒区域等の公表に加えて、標識を設置するなどの認知度向上の取り組みを行い、避難の実効性を高めることが重要であることが明示された。

和歌山県では令和2年度に県内全域の土砂災害警戒区域等（以下、警戒区域）の指定を完了し、警戒区域は各市町村が作成する土砂災害ハザードマップや、和歌山県県土整備部河川・下水道局砂防課が管理するホームページである「わかやま土砂災害マップ」というWebGISで公開している。

今回、和歌山県の警戒区域の更なる認知度向上を行うために、新たなコンテンツを用いた方法の検討を行った。

## 2. 警戒区域の認知度向上手法の検討

現在の和歌山県で行われている警戒区域の周知方法について確認し、その上で、警戒区域の認知度向上のために有効な手法の検討を行った。

### (1) 和歌山県における警戒区域の周知方法

和歌山県における警戒区域の周知は、以下の3種類の方法で行われている。

- ①市町村による土砂災害ハザードマップの作成と配布
- ②WebGISでの警戒区域の公表
- ③団体を対象とした各種研修会での説明

上記の①では、県内の各市町村が土砂災害ハザードマップ（図-1）をポスターや冊子等の紙媒体で作成し、各戸配布を行っている。マップの縮尺は、住民が自宅位置を確認可能な地区単位に合わせた寸法としていることが多い。また、②では和歌山県が運営するホームページである「わかやま土砂災害マップ（図-2）」や「和歌山県防災GIS」、国土交通省が運営する「重ねるハザードマップ」、和歌山大学が運営する「あがらマップ」、一部の市町村が運営するWebGIS等がある。③では、和歌山県砂防課や土砂災害啓発センターが各種団体や学校を対象に土砂災害に関する研修や防災教育（図-3）を行っている。

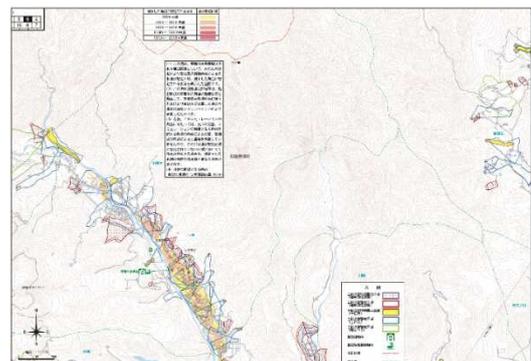


図-1 市町村作成の土砂災害ハザードマップ例（那智勝浦町）



図-2 わかやま土砂災害マップ



図-3 ハザードマップを用いた防災学習の様子

### (2) 警戒区域の新たな周知方法の検討

警戒区域の周知方法を検討するにあたり、周知する対象を各種団体に限定せず、住民一般とし、前節の①、②を補足する方法について検討を行った。①、②の周知方法は、紙媒体やWebベースの違いはあるが、全て地図に警戒区域と避難所等を記載した内容である。これを住民が適切に理解するには、ハザードマップ上で住民が自宅等の拠点としている位置を正確に確認し、その周辺にある警戒区域の存在を認識することが必要である。

一方で、上記のようにハザードマップで警戒区域を認識するには、地図を正しく読むことが必要であるが、自宅位置等が正しく読図されていない場合があることが示唆<sup>2)</sup>されており、位置を認識しやすいようにランドマークを適切に配置したり、地形と併せてハザードマップを理解できるように等高線等を付加することが推奨<sup>3)</sup>されている。

近年ではGISやCGを用いて、VRや3Dモデルで地形を簡易に表現<sup>4)</sup>できるようになり、これらを用いて地形と併せて警戒区域を認知可能なコンテンツの作成を検討した。

### (3) 360度動画による警戒区域の周知

GISやCGを用いた地形の表現方法として、VR、AR、



図-4 おおいた防災 VR (土砂災害編)



図-5 通常の動画

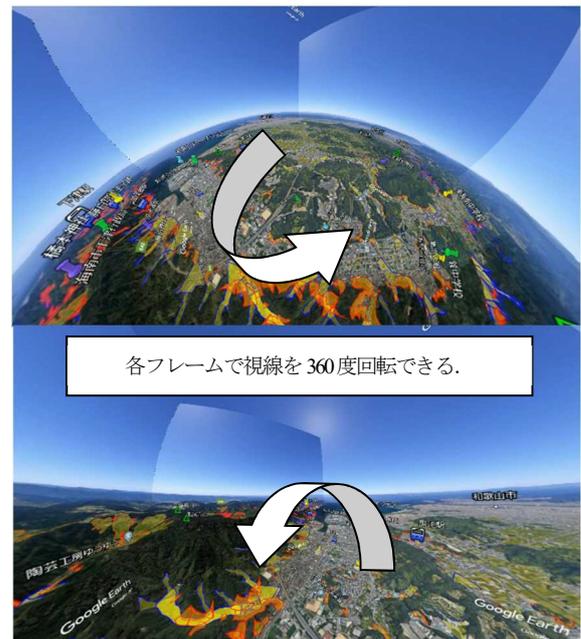


図-6 360度動画

360度動画が挙げられる。

VR (仮想現実) は、操作者がゴーグルやヘッドセットを通して、自由に視線や位置を動かしながら3次元の仮想現実を体験できるものであり、土砂災害の啓発コンテンツの例として、大分県が開発した「おおいた防災VR (図-4)」等がある。作成するには3Dモデルを構築した上で動画の撮影や、VRアプリの構築が必要である。また、AR (拡張現実) は、現実世界に、スマートフォン等の画面を通して立体や情報を表示するものがあり、ARで地形を表示する例として、DAN杉本が開発した

「AR地形模型」がある。作成するには各種OSに対応したアプリや3Dモデルの構築が必要である。最後に、360度動画は、通常の動画(図-5)がフレームと呼ばれる一つの固定されたカメラの位置と方向から撮影された画像を一定間隔(秒間30フレーム等)で連結することで、動きを持った画として生成されたものに対して、各フレームを一つの固定されたカメラから360度のパノラマで撮影して連結された動画であり、視点は一定であるが、視線を360度動かすことが可能である(図-6)。360度カメラで撮影した迫力ある実写映像などで広く活用されており、実写や3Dモデルを360度撮影して加工することで作成可能で、後述するGoogle Earth Studio等を用いることで高価なソフトウェアを用いることなく作成することが出来る。

以上から、コンテンツ作成が比較的容易な360度動画を用いて、警戒区域の認知度向上を行うこととした。

### 3. 360度動画の作成

360度動画の作成にあたり、警戒区域のデータとして「わかやま土砂災害マップ」で提供されている区域のシェープファイルを用いた。これを加工して、Googleが提供するサービスGoogle Earth Studioに表示し、撮影することで360度動画を作成した。作成にあたっての各工程については以下に記載する。

#### (1) 警戒区域GISデータの加工

「わかやま土砂災害マップ」では警戒区域のGISデータをシェープファイル形式で一般公開している。このGISデータでは土砂災害の現象毎に、和歌山県下全域を一つのファイルとして保存されており、1万個を超える面的な区域(ポリゴン)のデータを含んでいる。県下全域のデータをそのまま使用すると、膨大な数のポリゴンの処理が必要となり、動画作成に支障となることが想定されたため、無償のGISソフトであるQGISを用いて(図-7)、土砂災害の現象毎のGISデータを市町村単位に分割した。加えて、市町村単位に分割したデータは、後述するGoogle Earth Proで使用しやすいように、kml形式で保存した。

#### (2) ランドマークの作成

視聴者が場所を認識しやすいように、ランドマーク(目印)のデータをGoogle Earth Proで作成した。作成するランドマークの対象は、学校や役場、公園やお寺、山などの地域で広く認知されている場所とし、Google Earth Proで一つずつ作成した(図-8)。また、ランドマークを見分けやすいように、施設の種別毎に異なるアイコンを使用した。最後に、作成したランドマークを市町村毎

にkmz形式で保存した。

#### (3) 360度動画の作成

Google Earth Studio自体には360度動画を撮影する機能がないため、撮影した動画を編集することで360度動画を作成した。

360度動画は、360度のパノラマで撮影することで生成できるが、90度ずつずらして撮影した6方向の画像を展開図的に繋げて作られるキューブマップ(図-9)を、円筒型に投影(エクイレクタングラー形式)することでも生成(図-10)可能である。

今回は、Google Earth Studioで同一の軌跡(図-11)を、各フレームで90度ずつずらして計6回撮影し、このデータを、無償でキューブマップとエクイレクタングラー形式への変換、360度動画の生成が可能なソフトであるCube2DMを用いて加工した。

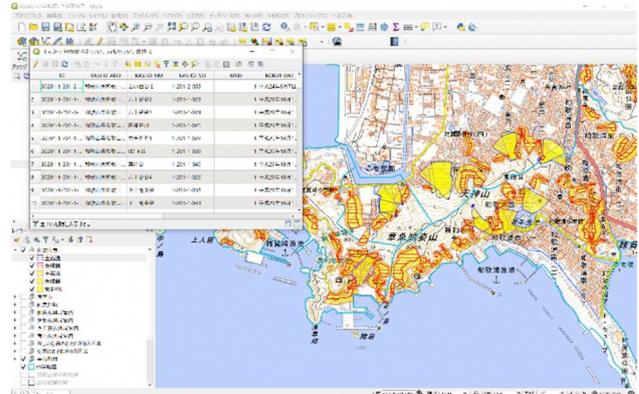


図-7 QGISによる警戒区域GISデータの加工の様子

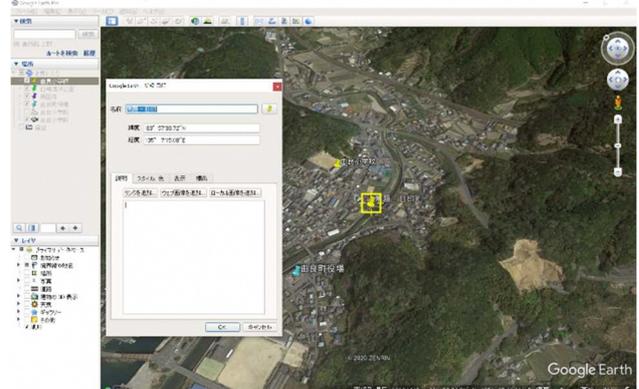


図-8 Google Earth Proでのランドマーク作成の様子

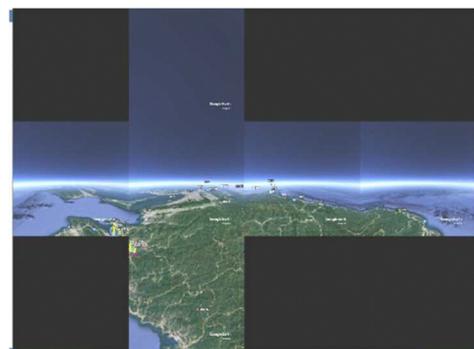


図-9 6方向の画像を繋げて作られたキューブマップ



図-10 エクイレクタングラー形式へ変換後の画像

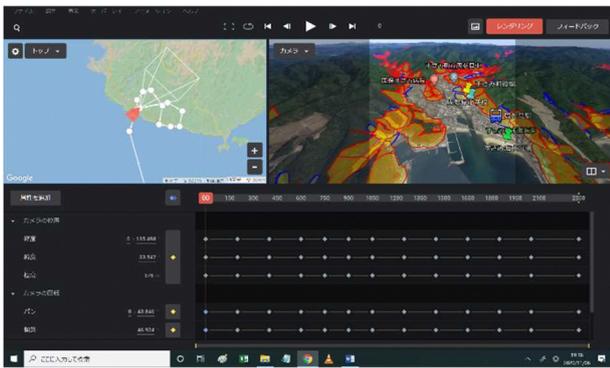


図-11 Google Earth Studio でのカメラ軌跡作成の様子



図-12 YouTubeチャンネルでの動画の公開

#### 4. 360度動画の公開

作成した動画は、動画共有サイトのYouTubeが提供するサービスであるYouTubeStudioで、和歌山県土砂災害啓

発センターの公式チャンネルを作り、これに動画（各市町村分の計32本）をアップロードすることで2020年9月に公開した（図-12）。公開後の再生数は2021年5月現在で、動画再生数の多かった市町村で、和歌山市が約1,600回、田辺市・岩出市・日高町がそれぞれ約600回の再生数となっており、全市町村合計では約8,200回の再生数であった。

#### 5. 今後の課題

YouTubeの動画再生ページには、視聴者による高評価・低評価のボタンがあり、その評価数を集計したところ、全市町村合計で高評価が19件、低評価が17件であった。低評価が多かった動画を確認したところ、軌跡の標高が高く、警戒区域や市街地の様子が分かりづらかったり、軌跡の移動速度が速く、各区域を視認しづらかったりなど改良点が確認された。今後、360度動画を作成する際には、以上の点に注意して作成を行いたい。

#### 6. おわりに

2020年9月に360度動画を公開して以来、新聞やテレビで取り上げて頂いたこともあり、2021年5月現在の全市町村合計の動画再生数が約8,200回となり、警戒区域の認知度向上に一定の効果があったと考える。また、市町村職員を対象とした土砂災害に関する研修会で紹介したところ、「住民への説明に用いたい」などの好意的な意見があった。

今後は、警戒区域に限らず、ライブ配信などの近年急速に進歩しているWEBサービスを利用して、本センターの職務である土砂災害の啓発に継続して取り組んでいきたい。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省：土砂災害防止対策基本指針,2020
- 2) 山岸良太：新潟県柏崎市におけるハザードマップの地図表現と読図の実態に関する研究,地図,51巻 Supplement号, pp.20-21, 2013
- 3) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室：水害ハザードマップ作成の手引き,2016
- 4) 小檜山ら：拡張現実を用いた富士山火山ハザードマップ,地域安全学会論文集, No.37, pp.147-155, 2020

# 小学1・2年生や園児への土砂災害学習の取り組み

坂口 隆紀<sup>1</sup>・宮崎 徳生<sup>1</sup>

<sup>1</sup>和歌山県 土砂災害啓発センター (〒649-5302和歌山県東牟婁郡那智勝浦町市野々3027番6)

和歌山県土砂災害啓発センター(以下、啓発センター)では小中学生等を対象とした防災学習を行っているが、教員からは土砂災害への知識がない・学習方法をどうすれば良いか分からないとの意見が多く、教員自身が土砂災害を知り、理解して主体的に学習を行うための学習方法や教材が必要である。今回、那智勝浦町立市野々小学校で教員が主体的に考えた1年生の土砂災害学習等を参考とし、小学校低学年以下を対象として実施した土砂災害学習の取り組みについて紹介する。

キーワード 土砂災害, 防災学習, 市野々小学校, 小学1・2年生の教材

## 1. はじめに

### (1) 平成23年紀伊半島大水害

2011年の9月の台風12号に伴う記録的豪雨により、和歌山県では紀南地方を中心に洪水・土砂災害が発生し、死者56名、行方不明5名という人的被害をはじめ道路の寸断による集落の孤立や世界遺産の被災など大災害となった。(図-1)

### (2) 和歌山県土砂災害啓発センター

この災害を受け、県では被害を繰り返さないために、土砂災害の記憶や教訓を後世に伝えるとともに、土砂災害に関する調査研究の拠点となる施設である「和歌山県土砂災害啓発センター」を、土石流の多発により甚大な被害が発生した那智勝浦町に設置し、土砂災害の発生メカニズムに関する調査研究を行うとともに、展示パネルや映像をとおして、「紀伊半島大水害」をはじめとする過去の災害の教訓を風化させずに後世に継承し、土砂災害から身を守るための活動を行っている。(図-2)



図-1 紀伊半島大水害

## 2. 啓発活動の柱の一つである防災学習

### (1) 防災学習の概要

啓発センターでは、平成28年度から平成30年度に国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センターが行った試行学習から授業のノウハウを取得し、小中学校への防災教育は、子どもは将来の防災の担い手となり、子どもから家庭へ、さらには地域への防災意識が広がることを期待し柱の一つとして積極的に取り組んでいる。

特に学習では実験や現地調査など取り入れ児童が関心や興味をもち土砂災害を知る・理解することから始めるようにしている。また、最近新しい取り組みとしてデジタルコンテンツを活用した防災RPGによる学習や実験

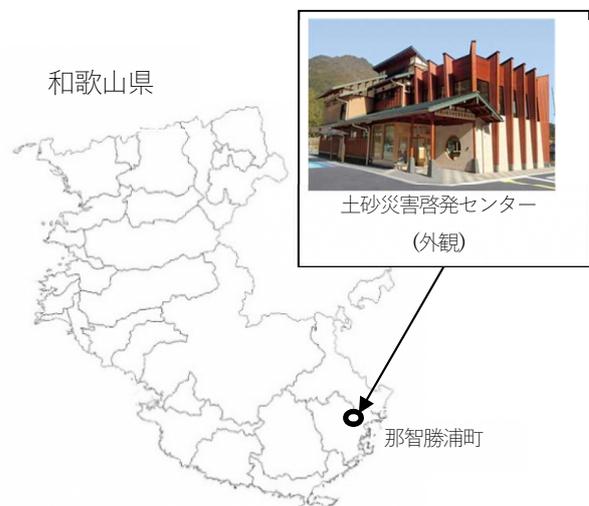


図-2 土砂災害啓発センター



図-3 防災学習の実施状況

表-1 学習校数・学習回数

学習校数・学習回数 令和3年3月31日現在

	小学校	中学校	計	学習場所		学習回数	試行学習の有無
				センター	学校等		
平成28年度	3	2	5	5	0	5	有
平成29年度	6	2	8	7	1	8	有
平成30年度	3	2	5	4	1	5	有
令和元年度	5	3	8	8	2	10	無
令和2年度	17	11	28	19	36	55	無

動画のライブ配信などにも取り組んでいる(図-3)。

令和2年度は、新型コロナウイルス感染症拡大の影響で啓発センターを閉館した事もあったが修学旅行や出前講座での活用が多くなり防災学習実施校が28校(学習回数55回)と前年度に比べ一気に増加した(表-1)。

(2) 防災学習での課題

防災学習を実施する場合、教材が必要である。学習指導要領に対応した教科書には関連した内容が盛り込まれるが防災学習などは教員が別途教材を準備することになる。そのため教育委員会などでは教員の負担軽減を考慮し「防災学習の手引き・マニュアル」などを作成している。

しかし、防災学習の手引き・マニュアルには土砂災害の項目が少ない。また身近な地域の地形・地域で発生した災害等と関連した内容で防災学習を行いたい教員は多くいるが、土砂災害への知識が少なく教材が無いことから教員が土砂災害を理解し主体的に実施する土砂災害の防災学習はあまり進んでいない。



図-4 那智勝浦町立市野々小学校

そのような事から当面は「教員と協働し、県下全小中学校において防災学習を実施」する、そして「土砂学習への認知度向上や始動の促し」を行っている。

3. 那智勝浦町立市野々小学校

(1) 紀伊半島大水害と市野々小学校

那智勝浦町立市野々小学校は、紀伊半島大水害の土砂災害で大きな被害を受けた学校であり、当時は避難場所となっていたが一階部分には那智川からの土砂・洪水氾濫による泥流や流木が襲った。また、土石流により犠牲になった児童もいた。(図-4)

(2) 市野々小学校の取り組み

市野々小学校での土砂災害の防災学習については、国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター、啓発センターの支援で積極的に取り組みを始め、毎年紀伊半島大水害の発生した9月を中心に市小(いちしょう)防災の日として防災学習が学校全体で継続的に行われている。

また、学校では、学んだ学習から自分たちができることを考え、それを家族や地域に広めることを考えている。

そのような事から、令和元年度は、①ふるさと発表会での「ふるさとを伝えよう(3・4年生)」(図-5)で地域住民に発表、令和2年度は、②低学年の土砂災害学習が不足していると考え「どしゃさいがいからいのちをまるためのほうほうをかんがえよう(1年生)」(図-6)、③ハザードマップで学習したことを保護者に伝えようと「避難方法を考えよう」(3・4年生)(図-7)など学校が主体的・継続的に取り組んでいる。

特に「避難方法を考えよう」でのハザードマップは、GISデータを使って児童の自宅が分かる縮尺で啓発センターが手作りで作成したものである。他小学校でも教材として学校毎に作成したところ、家に持ち帰り話し合いを行ったという報告もあり、大人世代に向けた発信内容として有効なものとなっている事も分かった。

4. 1・2年生の土砂災害学習教材の作成

(1) 1・2年生の教材を作成する理由

防災学習の課題でも述べたように、教員主体の防災学



防災学習で学んだスライドや子どもたちが作成した防災クイズを作成して、学校のふれあい祭りで地域の人に学習結果を発表

図-5 ふるさとを伝えよう (3・4年生)



図-7 避難方法を考えよう (3・4年生)



その他感想

- ・こうずいさいがいで家がつかったのがはじめてでした。どしゃさいがいで山がくずれて家がながされるのがわかりました。
- ・どしゃさいがいとこうずいさいがいは人のいのちをうばうのがこわいなと思いました。
- ・こうずいさいがいやどしゃさいがいがこわいなと思いました。大雨がふると山がくずれることをはじめてしました。

図-8 児童の感想文

め、山がくずれる、人のいのちをうばう、こわい」などとあり、土砂災害の存在と危険性を知るといふ伝えたい内容が理解している事が分かった。(図-8)

(2)教材作成で工夫したこと

1) 防災教育内容を見直ししながら作成する  
 防災教育内容を考える上で大切なことは、防災教育を行った後、教員のヒアリング、児童の感想などからその効果を把握し、教材、時間、指導内容など見直しに注意して作成する事が重要であることを檜垣ら<sup>2)</sup>は述べている。

啓発センターの防災学習を検討する中で見直しは一番重要な事と考えている。

2) 市野々小学校で実施された1年生の授業を活用する  
 市野々小学校との密接な関係を生かし、教職員が1年生で実施した学習内容の視察調査(動画での撮影)やヒア



教職員が作成した教材(磁石で取り外しできる)



図-6 どしゃさいがいからいのちをまるためのほうほうをかながえよう(1年生)

習をもっと推進しなければ県内に広く土砂災害の防災学習が始動しない。

教員からは土砂災害の知識が少ないとの意見も多くあった。そのことから、1・2年生の土砂災害学習で教員と児童と一緒に「言葉に慣れ親しむ」「土砂災害を知る」事が教員が最初に取り組みやすい方法と考え教材を作成することにした。

教員は1・2年生児童の理解力を知っていても啓発センター職員は知らないで、最初に実施した小学校の学習後に児童の感想文を頂いた。それを読むと、「おおあ

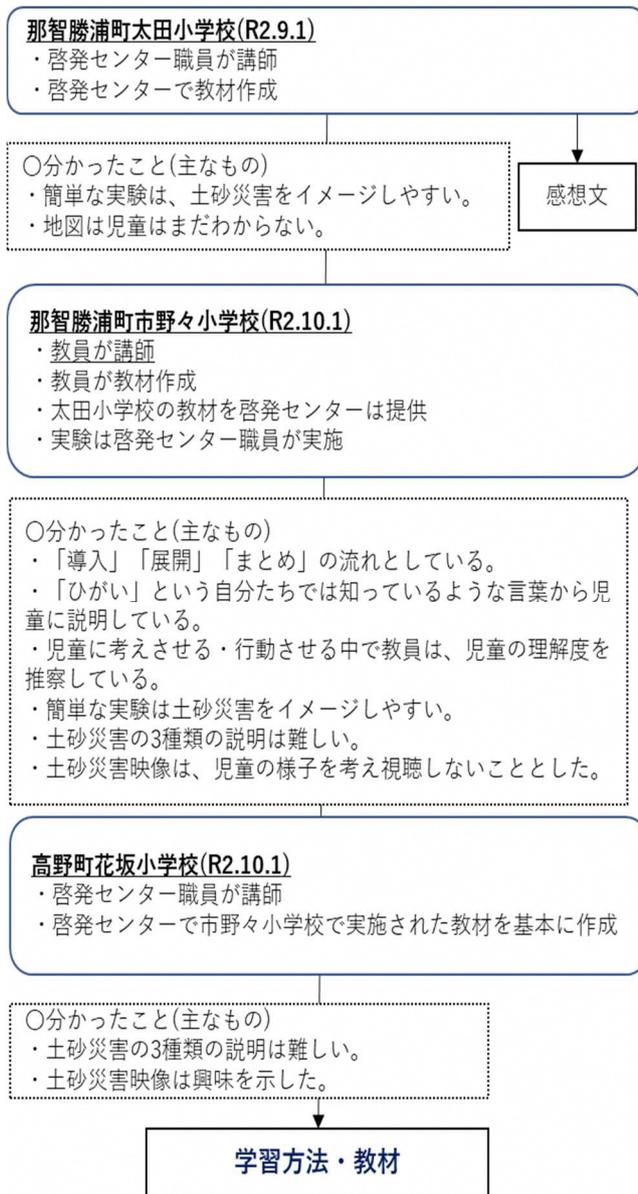


図-9 実施した流れと分かったこと

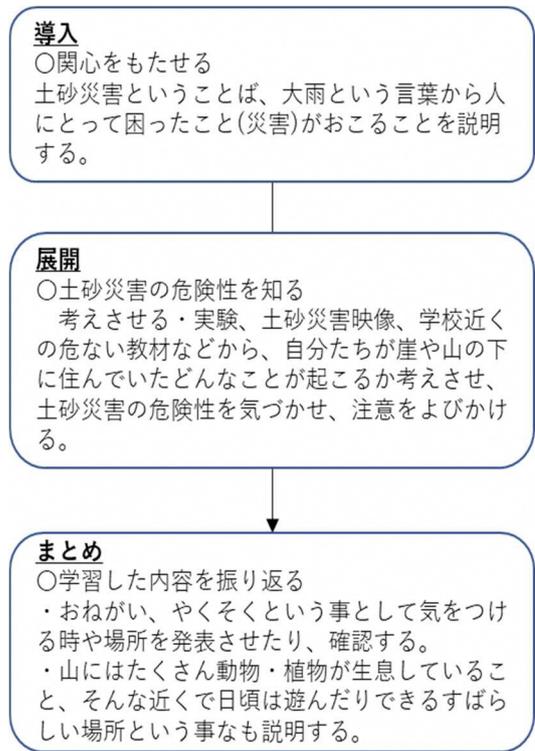


図-10 導入・展開・まとめ



図-11 絵・動画でイメージ

リングから学習内容を考えた。

3)実施した流れと防災学習で分かった事

実施した流れと、それぞれの学習で分かったことをフロー図で整理した(図-9)。

4. 教材の概要

1・2年生の学習教材下記(1)～(7)を作成した。

(1) 教員が受け入れやすい教材

教員の授業や教員が参考にした「防災学習の手引き・マニュアル」から導入・展開・まとめの流れとする。特に内容は低学年である事から、実験などを学習内容として集中力を持続するようする。(図-10)

(2) 絵・写真・動画で言葉をイメージできる教材

児童は一般の地図、「ひさい」などの言葉の意味が分からないと考えて、絵、写真・動画で言葉をイメ

ージできるようにする。(図-11)

(3) 児童に考えさせる・作業する教材

教員が児童の理解度を見るにも重要となる。土砂災害の発生前後イラスト(絵)を比較させ、危険なところに○をつけせさせ考えさせる<sup>3)</sup>。また、ワークシートとしても活用する。(図-12)

(4) 簡単な実験

土砂災害を分かりやすくイメージするため噴霧器を雨にみたくて①雨で小さな山が崩れる②谷を砂が流れるなど簡単な実験をする。(図-13)

(5) 学校近くの危ない場所、災害写真とする教材  
 地域(学校区)の教材は児童が自分ごととなるため学校近くの危ない場所・地域の災害写真等を活用する。(図-14)

(6) 土砂災害映像を視聴

土砂災害を分かりやすく知る教材となるが、低学年

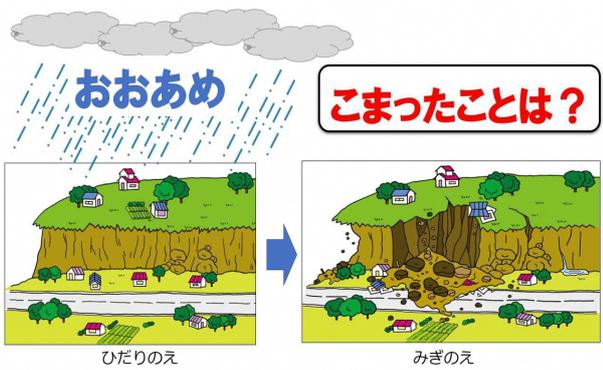


図-12 考えさせる教材



図-15 土砂災害映像

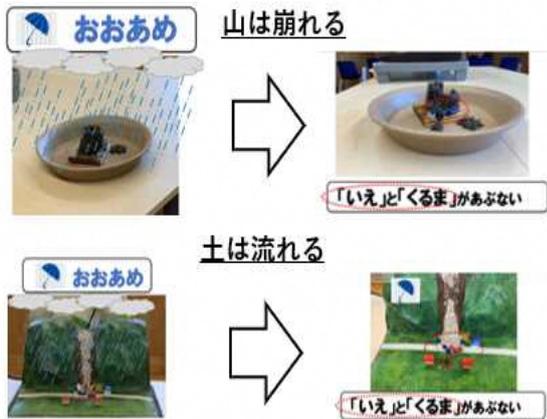


図-13 簡単な実験



図-16 啓発ビデオ



図-14 学校近くの危ないところ



図-17 危ないところを考える



図-18 実験 大雨が降ると土砂は流れて家を壊す

にとっては刺激的な映像ともなるので状況によって判断する。(図-15)

(7) 啓発ビデオを視聴

年齢にあった啓発ビデオ<sup>4)</sup>は、低学年の集中力を保つ教材となる。(図-16)

## 5. まとめ

(1) 成果

今回作成した教材で広川町立津木小学校、太地町子ども園年長児(土砂災害映像は視聴しない、啓発ビデオも長時間になることを配慮して視聴しない)に防災学習を

行った。

太地町子ども園で、園児に考えさせる教材では、園児から「道が通れなくなっている」「山にひびが入っている」「家や木が倒れていること」と発見したことを積極的に発表した。(図-17)

津木小学校の児童は、簡単な実験では「すぐくずれる場合」と「くずれない場合がある」と話しをして興味を持って学習した。(図-18)

また、防災学習後の教員ヒアリングでは校長先生から、内容は十分なものとなっている、子ども園の園長先生からは、集中力を持続させる面で、考える、発表する、実験するで子ども目線を変える事は有効である等の意見を頂いた。

## 6. 今後の取り組みについて

今後は、この内容を基本に学習指導案を作成したいと考えている。兵庫県豊岡市の河川の学習指導案は29校中、24校で使用の防災学習指導案で採用されており、できるだけセリフもいれて「教員がだれでも授業ができる」ような指導案としていることを担当者から聞いており、参考にしたいと考えている。

**謝辞：**防災教育資料作成に当たり、那智勝浦町立市野々小学校のみなさまには、教材の借用、当日の授業の撮影など多大なご協力を頂き、この場を借りて感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1)和歌山県教育委員会：「和歌山県 防災教育指導の手引き」, 2013年
- 2)檜垣, 緒續, 井良沢ら：「土砂災害と防災教育」, 2016
- 3)公益社団法人 中越防災安全推進機構：「新潟県防災教育プログラム」, 2014
- 4)山口県：アニメーション「こまった土石流」

# 国営総合農地防災事業「和歌山平野地区」における 排水管理施設の構築に向けた排水管理指標の検討

原島 崇聡<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 近畿農政局和歌山平野農地防災事業所工事第三課 (〒640-0413 和歌山県紀の川市貴志川町神戸 327-1)

和歌山平野農地防災事業における排水管理システムの設置にあたり、排水管理指標を検討した。排水管理指標とは、排水操作への切替指標であり、操作管理を担う行政と土地改良区との共通指標である。気象情報、気象注意報・警報、水位観測データのうち、気象情報を基に排水操作への切替を判断することで出水前に排水管理体制への切替が可能となる。気象情報の発表タイミングから作成した指標案と実際の降雨状況との的中率を判定した結果、「大雨」「台風」に加え「雷」の気象情報を用いることで、大半の出水に対応できることが示された。

キーワード 農地防災、排水管理システム、排水管理指標、気象情報

## 1. はじめに

和歌山平野地区（以下、本地区という。）では、降雨形態の変化や都市化の進展に起因する流出形態への変化によって、農業用排水施設の排水機能が不足する状況となっており、しばしば農地、農業用施設等の湛水被害が生じている。和歌山平野農地防災事業（以下、本事業という。）は、地区内の排水機場及び農業用排水路等の整備により地域の排水機能を回復し、農業生産の維持及び農業経営の安定を図るものである。

本地区は、六箇井水路、藤崎井水路、小田井水路をはじめとする複数の農業用排水路により複雑な用水・排水系統が構築されており、各水路の排水状況が相互に影響しあう特徴を持っている。そのため、事業計画では、地区全体の排水状況を監視するとともに、排水調整のためのデータを収集し、必要な施設を円滑に制御する排水管理システムを設置することとしている。

現在、排水管理システムの設置に向けて、排水管理指標の策定を検討している。排水管理指標とは、用水路が地域の排水路の役割も果たしている本地区において、降雨が見込まれるときに、普段の用水管理から排水管理へと体制を切り替えるための判断指標である。また、本事業の整備施設は、排水専用施設は行政が、用排兼用水路は土地改良区が管理することになるため、この2者が連携して地区全体で統合的な配水管理を行うための共通認識となる指標となる。

本稿では、排水管理指標の検討過程及び指標案の妥当性評価について報告する。

## 2. 排水管理と排水管理指標の選定方針

### (1) 排水管理指標に求められる条件

排水管理指標は、用水管理から排水管理へと体制を切り替えて降雨に備えるための指標であるから、出水時期・規模を事前に予測・把握できる情報であることが必要である。例えば、気象庁から発表される気象注意報・警報や気象情報がこの条件を満たせると考えられる。

また、行政と改良区が認識を共有するためには、定量的な情報であることが望ましい。例えば、地区内水路の水位観測結果のような定量的な観測データを利用できる可能性がある。

本調査では、上記3情報について、実際の降雨状況との比較を行い、それぞれの情報に基づいて排水管理体制への切替を判断したときに、出水前に体制切替が完了することが可能か検討した。

### (2) 調査対象範囲及び収集データ

2018年1月1日から2019年9月30日までの期間を対象に、本地区のうち、紀の川右岸地区内の気象観測所の雨量データ、水路に設置した水位計観測データを収集した。また、気象庁防災情報XMLデータベースから、当該期間における気象注意報・警報発令状況及び気象情報発表状況の実績を整理した。

なお、注意報・警報とは、災害に結びつくような激しい現象が予想されるときに、住民に対し避難行動の確認を促したり自治体が避難勧告を発令する目安となるよう、危険度の高まりに応じて段階的に発表される防災気象

情報のことをいい、本調査では、大規模出水につながる情報として、大雨・洪水に関する注意報・警報を、加えてゲリラ豪雨等の突発的な降雨となる際は大気が不安定となることから雷に関する注意報を整理した。

また、気象情報とは、警報・注意報に先立って注意・警戒を呼びかけたり、警報・注意報の発表中に現象の経過、予想、防災上の留意点等を解説したりするために発表される情報のことをいい、当該期間に発表された気象情報をその内容から「大雨」「台風」「雷」の3区分に分類して整理した。

対象期間のうち、水路内の水位が護岸高の6割程度に上昇した降雨は26出水確認された。また、水位観測地点のうち、特に鴨沼排水路放流工地点（以下、本地点という。）での水位上昇が顕著であることが確認されたため、前節の比較は本地点にて行うこととした。

### (3) 出水状況の分析及び管理指標候補の適応度

図-1は、選定出水のうち、2018年6月19日～20日出水の本地点における雨量、水深、気象情報発令状況を示している。この出水は総雨量129mm、降雨ピーク強度23mm/hであった。

図-1において、6月19日20時頃に放流工上流の水深が急激に低下しているが、これは放流工の操作が行われ、用水管理から排水管理に切り替わったことを示している。

降雨と水位の関係を見ると、降雨開始直後から水位が機敏に応答していることが確認でき、降雨ピークとなる20日7時頃には10分間の間で4割水深から7割水深に上昇していることが確認される。2割水深からピーク水深まで及び4割水深から7割水深までの経過時間は選定出水全体で図-2のような結果となった。いずれの降雨でも、短時間のうちに、溢水の危険性のある7割水深まで上昇していることが確認できる。排水操作には施設現地に向かう移動時間や操作時間を考慮する必要があり、水位を操作切替の指標とした場合、リアルタイムでの監視を行ったとしても、操作が間に合わない可能性が高い。また、ゲリラ豪雨のような突発的な出水に対して排水操作の判断が遅れるため、観測水位で操作切替を判断するのは困難だと考えられる。

次に、注意報・警報の発令タイミングと水深の変化を考察する。図-1において、大雨・洪水注意報、警報は降雨ピーク前後に発令されることが多くなっており、前述のように降雨に対して水深は迅速に応答することから、注意報や警報が発令されてから排水管理体制に移行しては操作が間に合わない可能性が高い。気象注意報、警報も排水管理指標には適していない。

一方、気象情報は出水の1、2日前に発表され、出水終了まで逐次情報が更新されていた。6割水深まで上昇するような降雨に対しては出水前に気象情報が発表されていることが多く、操作体制の切替指標としての信頼度

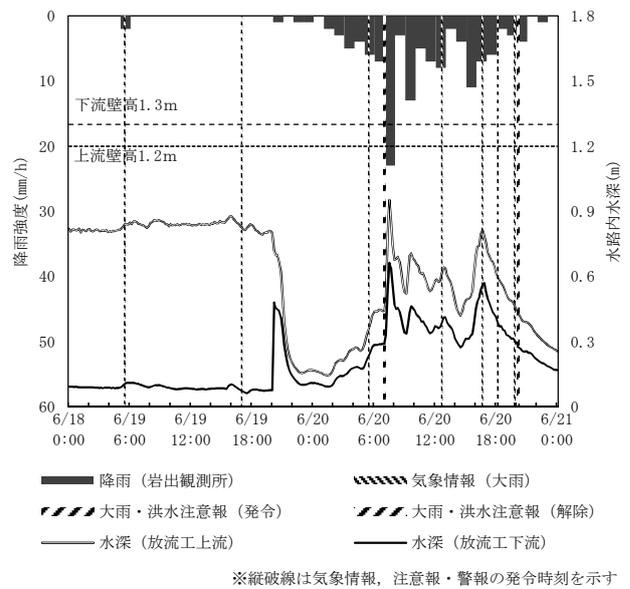


図-1 2018年6月19日～20日出水における雨量、水深、気象情報発令状況の関係

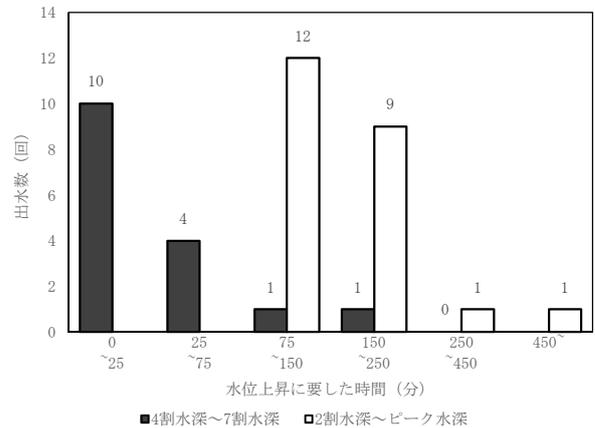


図-2 対象出水における水位上昇に要した時間

は高いと考えられる。土地改良区職員も大雨が予想された時点で気象情報を注視し、現地の天候と併せて総合的な判断を行って排水柵等の操作を行っているものと推測できる。

以上のことから、2(1)で示した排水管理指標に求められる条件のうち、気象情報を活用することで、出水前に排水管理への体制切替が可能となる可能性が示された。

ただし、気象情報は、例えば「竜巻などの激しい突風や落雷、急な強い雨に注意」といったように、その内容は定型文で発表され、定性的な内容にとどまる。排水管理指標に求められる2つ目の要素である行政と改良区の共通認識となる定量的な指標とは言い難い。

そこで、本調査では、気象情報の発表タイミングのみに着目し、排水管理指標案を作成、実際の出水に対する的中率を評価した。

3. 排水管理指標及び排水管理計画の概定

(1) 指標案の作成と評価方法

前述したように、気象情報は排水操作への切替判断指標として適している可能性が示されたが、その内容は定量的な指標ではないため、発表タイミングに着目して定量的な指標を作成し、実際の降雨に対する的中率を評価する。

指標案①は「大雨」「台風」に関する気象情報から構成され、さらに大気の状態が不安定な時に発表されることが多い「雷」に関する気象情報を加えた指標案②の2案を作成した。それぞれの指標案の排水管理切替判断時刻は、構成情報のうち最も早く発表された情報の発表時刻とする。判断時刻の例を表-1に示す。

的中率の評価方法は、各指標案の切替判断時刻と実際の降雨開始時刻を比較し、「的中」「見逃し」「空振り」「遅れ」の4分類で評価した。分類方法を表-2に示す。

評価対象降雨は、前章の対象降雨と同様である。

(2) 妥当性の検討結果及び分析

検討結果を表-3に示す。なお、判定は調査対象地点のうち、最も水位上昇が起こりやすい鴨沼排水路放流工地点について、対象出水による上昇割合別に整理している。

大雨・台風に関する気象情報は的中率が低く、計画流量を超過するような出水でも通年6割に満たなかった。一方、指標に雷情報を加えた指標案②は的中率が向上し、水深3割程度の小規模出水でも、かんがい期の的中率

表-1 指標案①、②に基づく切替判断時刻の例

気象情報	発表時刻	排水管理の切替判断時刻
大雨	11:00,14:00	指標案① 11:00 指標案② 09:30
台風	11:00	
雷	09:30,14:00	

表-2 的中率の判定方法

気象情報の発表	降雨	切替判断時刻と降雨開始時刻の比較	指標の判定
あり	あり	切替判断時刻 < 降雨開始時刻	的中
なし	あり	—	見逃し
あり	なし	—	空振り
あり	あり	切替判断時刻 ≥ 降雨開始時刻	遅れ

は7割となる。また、指標案①で発生していた見逃しが半分程度、計画流量超過の見逃しは0にまで改善できた。雷情報を含めたことで空振りの回数は増加しているが、空振りの増加分の大半は非かんがい期に発生している。非かんがい期は排水施設を常時開放とする運用が可能であるから、実質的に増加した空振りはかんがい期の3回のみと考えることができ、大規模出水の見逃しは甚大な被害をもたらす危険性があることを考慮すると、空振り回数の増加より見逃し回数の低下の方がメリットが大きい。以上のことから、大雨・台風・雷の情報で構成される指標案②の方が効果的と考えられる。

また、操作遅れの回数は指標案①、②ともに大きな差はみられないことから、ゲリラ豪雨のような予測の難し

表-3 指標案①、②の判定結果一覧

集計期間	集計項目	指標案①：大雨・台風に関する気象情報				指標案②：雷・大雨・台風に関する気象情報			
		日雨量 10mm以上	水深割合 30%超	水深割合 60%超	計画流量 超過	日雨量 10mm以上	水深割合 30%超	水深割合 60%超	計画流量 超過
通年	対象総数	65	39	22	9	76	39	22	9
	的中	18	18	13	5	31	26	18	7
	見逃し	37	16	5	2	24	8	1	0
	空振り	4	—	—	—	15	—	—	—
	遅れ	6	5	4	2	6	5	3	2
	的中率	27.7%	46.2%	59.1%	55.6%	40.8%	66.7%	81.8%	77.8%
かんがい期	対象総数	32	23	15	6	35	23	15	6
	的中	13	13	9	4	17	16	12	5
	見逃し	11	6	3	1	8	4	1	0
	空振り	3	—	—	—	6	—	—	—
	遅れ	5	4	3	1	4	3	2	1
	的中率	40.6%	56.5%	60.0%	66.7%	48.6%	69.6%	80.0%	83.3%
非かんがい期	対象総数	33	16	7	3	41	16	7	3
	的中	5	5	4	1	14	10	6	2
	見逃し	26	10	2	1	16	4	0	0
	空振り	1	—	—	—	9	—	—	—
	遅れ	1	1	1	1	2	2	1	1
	的中率	15.2%	31.3%	57.1%	33.3%	34.1%	62.5%	85.7%	66.7%

い突発的な出水であったと推測できる。このような突発的な出水は事前情報で察知することは難しく、洪水量も多いため、被害が大きくなる可能性がある。これらの突発的な出水に対応するためには遠方監視／遠方操作（TMTC）に対応した施設の設置が必要となる。

なお、気象情報の内容は、対象地域、予想日時及び特定のキーワードから構成されており、指標案②のベースとした気象情報からキーワードを抽出すると、「竜巻などの激しい突風や落雷，急な強い雨に注意」「大気の状態が非常に不安定となる見込み」の2つが頻出している。キーワードは定型文であることから、具体的な出水予想は困難であるが、前述の分析から発表タイミングのみに着目すれば排水操作体制に切り替えるための指標として有効であると考えられる。

#### 4. まとめ

本事業で計画されている排水管理システムの構築に向

けて、排水操作指標の選定及び妥当性の検討を実施した。水位・降雨等の観測データ整理結果より、本地区は降雨開始からの洪水流出時間が極めて短く、リアルタイムでの水位・雨量監視でもって排水操作を判断するのは困難であることがわかった。

出水開始前に排水操作体制へ移行することが望ましいことから、注意報及び警報の発令並びに気象情報の発表状況を整理し、出水とのタイムラグを整理した。注意報、警報は降雨ピーク時に発令されており、排水操作の指標とはならないことが示された。一方、気象情報は出水前に発表されており、排水管理指標となりえることが示された。特に雷に関する気象情報を加えた場合は、計画流量超過降雨に対して見逃すことがなくなり、管理指標として有効であることが示された。

一方、操作遅れは気象情報でも間に合わないことがあり、施設を回る操作時間に時間を要することから、TMTC設置が必要となることがわかった。