

危機管理型簡易水位計を活用した 洪水監視体制の省力化・効率化

FLOOD MONITORING SYSTEM USING SIMPLIFIED WATER GAUGE FOR EFFICIENCY AND LABOR SAVING

飯田進史¹・土田元気²・坂本守²・小島隆²・松尾典映¹・堀江真¹

Shinji IIDA・Genki TSUTIDA・Mamoru SAKAMOTO・Takashi KOJIMA・Norie MATSUO
and Makoto HORIE

¹正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 国土保全事業本部 防災危機管理部（〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目22番地）

²正会員 関東地方整備局 甲府河川国道事務所 調査第一課（〒400-8578 山梨県甲府市緑ヶ丘1-10-1）

Once flooding occurs, the river administrator and/or flood protection organization needs to take numerous complex disaster management actions. In addition, more often than not, this has to be done with limited time and staff. This is because Fuji River has characteristics such as fast flood run-off, many flood prone areas, conspicuous river-bed variations, etc. This paper reports on the development of a simplified water gauge and disaster management work support system, which considers these characteristics of Fuji River. Further, it discusses efficiency and labor savings to the flood monitoring system based on utilization in flood correspondence training and trial operations.

Key Words : *simplified water gauge, disaster management work support system, flood monitoring system, information distribution system*

1. はじめに

気候変動等により水災害の激甚化が課題となる中で、「平成27年9月関東・東北豪雨」災害では、鬼怒川の堤防決壊などにより、氾濫流による家屋の倒壊・流失や広範囲かつ長期間の浸水が生じ、避難の遅れも加わって近年の水害では類を見ないほどの多数の孤立者が発生した。これを踏まえ、洪水時の河川情報の発信については、自治体や住民等に対して、氾濫の切迫度をリアルタイムで伝えることができるような水位情報提供システム等の開発が求められているところである¹⁾。

河川管理者は、河川の出水時における対応で要となる水位概況について、従来、基準水位観測所の水位を基に監視を行ってきた。しかしながら、各基準水位観測所の受け持ち区間は長大で、基準水位観測所の水位のみを以て個々の氾濫ブロックに対する河川状況をそれぞれ個別に把握することは困難である。また、基準観測所が氾濫危険水位を示しているときは、受け持ち区間で氾濫危険水位に達するおそれがあることを示しているに過ぎず、必ずしも氾濫危険箇所（以下、「危険箇所」という。）の実際の水位を示しているものではない。そのため、2014年8月から、基準観測所で氾濫危険水位に達した時

点で、その基準観測所が受け持つ区間に属する全ての危険箇所の実況水位（各危険箇所における堤防天端と水面との実測比高差）を河川事務所から地方整備局へ毎正時報告することとなった（水管理・国土保全局河川環境課長、2014年8月6日付け事務連絡）。併せて、毎年的人员異動などの制限がある河川管理者が、多様で複雑な河川の特性を短期間で把握し、洪水時には限られた人員で短時間に的確な防災対応を遂行することが求められており、洪水監視体制の省力化・効率化が急務となっている。

富士川水系は、洪水流出が早い、氾濫ブロックが数多く点在、出水時の河床変動が顕著等の特性を有しており、同規模の豪雨が発生した場合には、同時期に複数の基準点で土砂堆積による水位上昇を含む急激な水位上昇が想定され、越水のリスクも非常に高くなり、危険箇所の監視とその状況を踏まえた迅速かつ的確な対応が肝要となる。また、富士川では報告対象となる危険箇所が74箇所と多数存在し、既存の水位計やCCTVカメラによる監視ができていない箇所も多数存在していた。さらに、職員数が限られていることから、現地での直接観測や観測情報の整理、報告に時間を要してしまうことが危惧された。加えて、富士川水系の特性として、急流かつ土砂流出が多く、出水による河床変動等が生じることから、危険箇所の位置も出水のたびに変化することが考えられ、これ

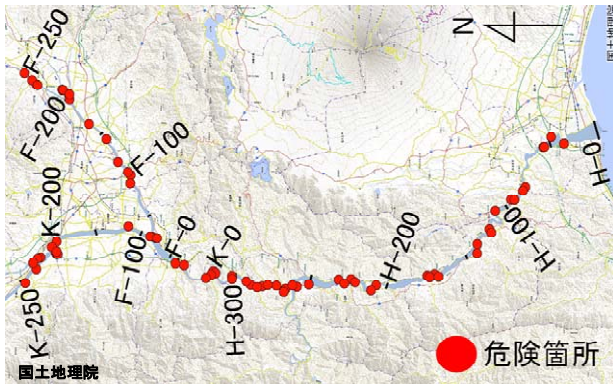


図-1 危険箇所



写真-1 集落が点在する富士川中流域

らに適した危険箇所の監視・報告方法の確立が必要となった。

既往の簡易水位計としては信濃川水系魚野川²⁾や最上川水系³⁾でアドホック式のものが運用されているが、対象箇所が多く不規則に位置する危険箇所に設置するため、簡易水位計を短距離かつ等間隔には配置することは困難な上、中流域の山間部では見通しが悪いこともあり、富士川水系では2014年度より独自の簡易水位計パッケージの開発を行なっている⁴⁾。

このような背景から、富士川の特性を踏まえ、設置や移設を容易に行なうことが出来る危機管理型の簡易水位計を開発し、富士川水系及び鬼怒川（「平成27年9月関東・東北豪雨」直後）に設置した。また、危険箇所に設置した簡易水位計の観測水位を統括的に収集・整理し、速やかな公表・報告等を支援する防災業務支援システムの開発状況、システムを活用した訓練を踏まえた河川管理者の洪水監視体制の省力化・効率化について報告する。

2. 富士川の流域特性に対応したシステム要件

富士川の流域特性に応じた危険箇所監視を行うための簡易水位計とシステムの要件を整理した。

(1) 富士川の概要

富士川は、その源を山梨県と長野県境の鋸岳（標高2,685m）に発し、途中多くの支流を合わせながら山間峡谷部を抜け、甲府盆地南端において笛吹川を合わせて再び山間峡谷部に入り、静岡県富士市と静岡市の境において駿河湾に注ぐ、幹川流路延長128km、流域面積3,990km²、平均河床勾配が1/240の急流河川で、礫河原を呈している。また、流域の西側には日本列島を東西に分断する大断層糸魚川～静岡構造線が走っていることから流域は極めてもろい地質構造になっており、崩壊地が多く、豪雨とともに崩壊土砂が河道に流出し、流れの緩やかな所に堆積している。

(2) 危険箇所監視に係る課題

a) 降雨・流出特性

降雨・流出特性は、降雨のピークから出水のピークまでの時間が極めて短い。そのため、洪水対応においては体制の初期段階から短時間かつ多様な防災業務の遂行が求められる。

b) 危険箇所

富士川直轄管理区間における危険箇所は74箇所あり、これらを同時に監視する必要がある。特に、山間峡谷部を蛇行しつつ流下する中流域においては山間の集落が多く、氾濫ブロックが点在していることから、危険箇所が直轄管理区間で74箇所存在する（図-1、写真-1）。山間峡谷部においては、電源や通信のインフラに乏しく、従来の水位観測施設では設置が困難な場所が多い。

c) 土砂堆積・河床変動

富士川流域が極めてもろい地質構造であることから、河道への土砂流入により、土砂堆積や河床上昇が発生しやすい。例えば、昭和57年8月洪水（整備計画流量規模）では、釜無川の一部区間で約420万m³の土砂が堆積し、平均約1m（最大約4m）の河床上昇が発生した。このように、出水前後において河道断面が変化することにより、危険箇所の位置も出水前後で変化することが考えられる。

(3) 簡易水位計とシステムに求められる要件

a) 簡易水位計

- ・危険箇所の位置変化へ柔軟に対応出来ること
- ・電源や通信に商用の有線設備を必要としないこと
- ・多数の危険箇所に対応するため、安価に導入出来ること

b) 危険箇所水位状況の一括監視・報告システム

- ・危険箇所の監視・報告に当たって、全ての危険箇所の水位を統括的に情報集約出来ること
- ・報告様式の作成等を自動で行い、省力化を図ることが出来ること

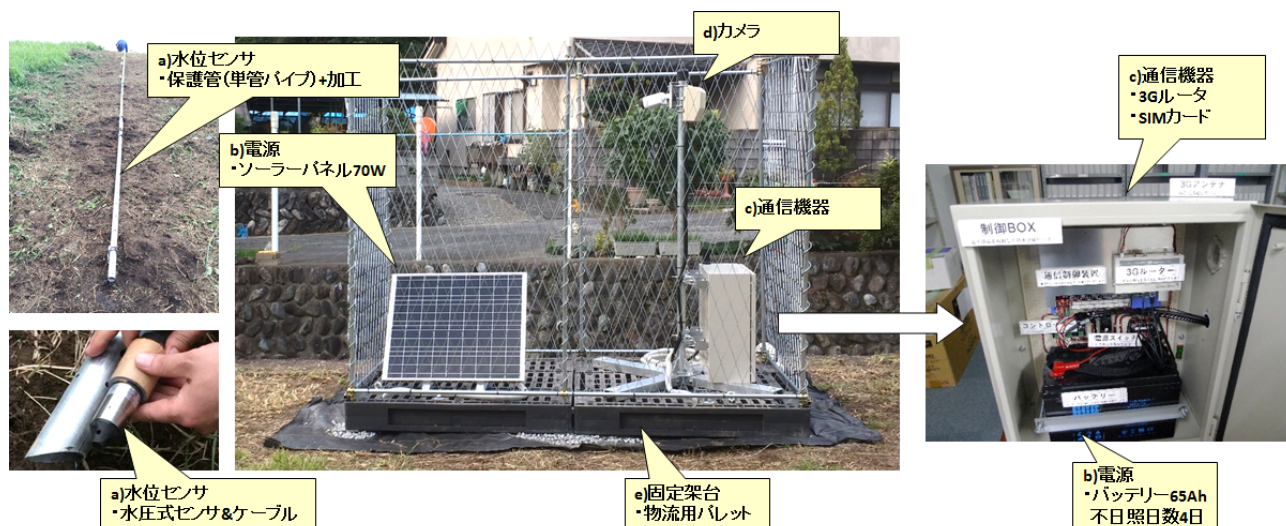


図-2 簡易水位計の構成

- ・多数の危険箇所の水位データを同時に処理しても、事務所内の既存システムへ負荷をかけないこと

c) 防災業務支援システム

- ・少人数で出水における防災対応を行うため、気象情報や雨量、水位情報、危険箇所の状況、カメラ映像などを俯瞰的に監視出来ること
- ・大規模水災害発生時には、非常に多くの対応が必要になることから、水位の実測・予測に応じて実施する洪水予報や水防警報、ホットラインなどの対応が必要になるタイミングで、その行動を促したり対応を支援したり出来ること

3. 簡易水位計の開発と設置の考え方、設置状況

2014年度に開発した簡易水位計の概要と設置の優先順位、危険箇所に簡易水位計が設置できない場合の代替案の考え方や、富士川流域での設置状況及び「平成27年9月関東・東北豪雨」における鬼怒川への緊急設置について報告する。

(1) 簡易水位計の構成

危険箇所に設置する簡易水位計の構成を示す。通常の水文観測に用いる従来の水位観測施設は、大規模で高価な施設である。一方、簡易水位計の目的はあくまで「危険水位に達した危険箇所の監視」を安価に実現することにあることから、簡易水位計の構成は極力簡素なものとした上で、市販の機器の組み合わせにより、開発した簡易水位計は、設置作業費も含めて1基当たり100万円程度（WEBカメラ付は140万程度）の安価な構成となった。以下に、機器の構成を記す（図-2）。

a) 水位センサ（水圧式センサ・保護管）

現地に保護管（単管パイプ）のみで設置出来る市販の水圧式センサとする。

b) 電源（ソーラー発電装置・バッテリー）

商用電源からの配線や発電機への燃料補給の必要が無く、さらに発電機等比べてコンパクトなソーラー発電装置を主電源とする。また、ソーラー発電装置のバックアップとしてバッテリーを設置する。

c) 通信機器（3G回線）

通常の携帯電話網を活用し、携帯電話同様にSIMカードの契約のみで導入出来る3G回線とする。

d) カメラ（WEBカメラ）

夜間でも30m程度先まで視認可能でかつインターネットを通じて閲覧可能なカメラとする。

e) 固定架台（物流用パレット）

市販の物流用パレットを固定架台とする。

f) その他 設置についての留意点

危険箇所の監視に当たっては、住民等の円滑かつ迅速な避難行動などの危機管理対応を目的として概ね危険水位到達1時間前から水位を観測出来るように水位センサを危険箇所近傍の堤防に設置する。また、防犯措置として保安柵を必要に応じて設置する。

(2) 簡易水位計設置箇所の優先順位、代替案の考え方

a) 簡易水位計設置の優先順位

簡易水位計設置の優先順位は、堤防が決壊した場合に甚大な被害を受ける「①特定区間危険箇所」を最優先とし、被害は限定的ではあるが、危険水位到達前に浸水が発生する「②個別対応箇所」、「③基準点の氾濫危険水位を決定している危険箇所」、「④危険水位の到達が速い箇所」の順番で設置する。

b) 簡易水位計によらない代替案の考え方

危険箇所は簡易水位計により直接水位状況を把握することを基本とするが、現地の状況から設置が困難な場合や既設水位計が近接していて多重投資となる可能性がある場合には、精度を確保できることを前提として、既設のテレメータ水位観測所や簡易水位計からの

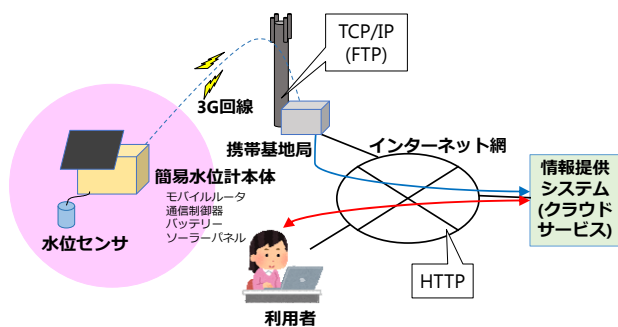


図-3 簡易水位計 データの流れ

換算水位で危険箇所の水位を把握する。換算水位による危険箇所水位把握の可否は、水位計からの換算水位と危険箇所の水位の相関係数が0.7以上、近似直線の傾きが0.9～1.1および2乗平均平方根誤差が30cm以内であることをもって妥当と判断する。相関の確認は富士川の計画規模である清水端地点1/150（1955年9月波形）に基づく不定流計算流量のHQ換算水位を危険箇所の観測水位と見立てて実施している。なお、既設の簡易水位計から換算を行う場合には、観測範囲内の換算水位が換算先の危険水位よりリードタイム（富士川流域では1時間と設定）を除いた水位から危険水位超過までを観測出来ることを前提とし、テレメータ観測所と同程度の条件であれば、安定性に優れるテレメータ観測所からの換算を優先させている。

(3) 簡易水位計設置状況

2017年3月現在、富士川水系直轄管理区間に点在する74箇所の危険箇所のうち、36箇所へ簡易水位計を設置しているが、2015年4月に1基を設置して以来、簡易水位計の観測範囲まで水位が上昇するような規模の洪水は発生しておらず、活用可能性は後述する訓練において確認しているところである。

また、直轄管理区間における洪水予測精度向上や氾濫原内の浸水状況把握への活用を目的として、流域内・氾濫原内の中小河川や排水施設等へ16箇所設置しており、自治体による中小河川の水位把握や排水機場の遠隔監視としての活用が始まっている。2016年度には4市町、計13観測所で出水に伴う水位上昇を観測できており、活用した自治体からは、土木関係部署だけでなく危機管理関係や消防関係部署も降雨時には簡易水位計水やWEBカメラ画像を確認して迅速に対応出来る体制の構築したことや、これまでは降雨が予測された際に排水機場に赴き待機していたが、水位上昇時にはWEBカメラを確認することにより、適切なタイミングで出動出来たとの意見をj得ている。

(4) 「平成27年9月関東・東北豪雨」における対応

「平成27年9月関東・東北豪雨」では、9月10日の鬼怒川決壊を受けた応急復旧工事の従事者や自治体の防災担当者に観測水位情報をリアルタイムで提供すること

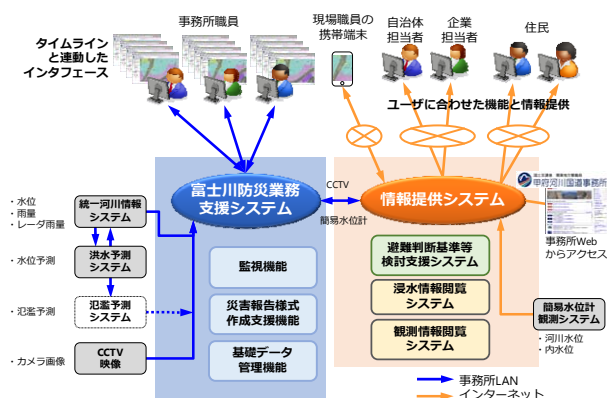


図-4 「富士川水系情報提供システム」と「防災業務支援システム」との関係

を目的として、15日に鬼怒川への簡易水位計設置と水位表示システム構築の要請を受けた。要請受領後、16日に鬼怒川決壊箇所上流にあたる若宮戸排水樋管、17日には長塚排水樋管に簡易水位計を設置した。同時並行で簡易水位計設置箇所の周辺のデータを整理し、簡易水位計表示システムにて観測水位と近傍のCCTVカメラ画像の表示を行った。表示画面は下館河川事務所及び関東地方整備局の災害対策室に表示され、富士川式危機管理型簡易水位計の可搬性と迅速性を活かし、緊急復旧工事期間中の水位監視の役目を果たした事例となった。

4. 危険箇所水位状況の一括監視・報告システム

簡易水位計の観測値を表示するためのシステムを開発し、危険箇所の水位を監視出来るようにした。また、氾濫危険水位に達した基準水位観測所が受け持つブロック全ての危険箇所水位を報告様式として自動出力する機能を構築した。さらに観測データはインターネットで公開し、避難勧告等を発令する自治体と情報共有が出来るようにしている。

(1) システム構成

危険箇所の水位監視に当たっては、多数の簡易水位計のデータを同時に処理する必要がある。しかしながら、事務所内の既存システム（データサーバ等）の容量には限りがあること、自治体等外部へのデータ公開にあたりセキュリティ確保の必要があることから、簡易水位計のデータサーバは外部のレンタルサーバを活用したクラウド上に構築することとした。簡易水位計のデータは、まず、クラウド上の「富士川水系情報提供システム」に構成されている受信サーバに格納・整理される（図-3）。さらに、所内イントラネット上に構築された「防災業務支援システム」の報告様式作成機能が必要な情報を読み込むことで、各種様式が作成される（図-4）。



図-5 簡易水位計データ表示画面



図-6 氾濫ブロック毎 クリアランス表示画面

(2) 主な機能とその活用可能性

a) 簡易水位計観測データ表示（一般公開）

簡易水位計の観測データを閲覧する機能で、水位のみならず、近傍のCCTVカメラ映像を合わせて表示することで、河川の概況を掴みやすくなるよう工夫している（図-5）。なお、本機能は「富士川水系情報提供システム」によりインターネットで公開されており、自治体だけでなく沿川住民が自ら危険箇所の水位状況を確認すること出来る。その他、気象や水位、CCTVカメラ映像、浸水想定区域などを閲覧することができる本システムは2015年12月18日から公開しており、2016年9月20日の台風第16号では1日に約22,000アクセスの利用を確認している。

b) 越水危険度表示（事務所内）

氾濫ブロック毎に、危険箇所簡易水位計の観測水位（未設置箇所は換算水位）から堤防天端までの水位（クリアランス；越水までの高さ）によりブロックの色分けを表示する機能である（図-6）。これにより、より危険な状態となっている氾濫ブロックを一目で把握することが出来、河川巡視や河川事務所長から首長へのホットライン等で活用することが出来る。

c) 危険箇所ランキング表示（事務所内）

危険箇所に設置している簡易水位計観測データ（未設置箇所もしくは観測範囲外では換算水位）から、観測水位から堤防天端までの高さが少なく越水危険性の高い箇所をランキング形式で表示する機能。これにより、74箇所ある危険箇所の中でも越水危険性が高く注目すべき地点が容易に抽出できる。

d) 危険箇所水位状況報告様式作成（事務所内）

基準点の氾濫危険水位超過以降、危険箇所の水位状況を地方整備局へ報告する様式を毎正時自動生成してメール発出する機能で、簡易水位計設置済みの箇所には観測値を、未設置箇所にはテレメータ観測所水位を基にした換算水位を自動入力する。本局への報告に当たっては、CCTVで量水標から確認できたものや現地確認できたものについては換算水位を置き換えた上で、メール発出する。

5. 防災業務支援システムへの発展と訓練での検証

4. までの取り組みで危険箇所の監視・報告の対応に係る省人化、効率化に向けた準備を行った。一方で、河川管理者が実施する洪水対応は、水防法に係る対応を中心として、これまでも実施してきた洪水予報や水防警報、水位周知、ホットラインなどがあり、これらも含む洪水対応の中の1つとして危険箇所の監視・報告を迅速かつきめ細やかに実施していく必要がある。

そこで、河川管理者がこれまでも洪水対応で活用してきた統一河川情報システムや洪水予測システム、洪水予警報等作成システム、防災情報掲示板などの関連システムと連動し、防災業務の流れにそった利活用をコンセプトとした「防災業務支援システム」を構築したので以下に詳述する。

(1) 洪水時に河川管理者が実施すべき行動項目

計画規模の洪水波形を対象として、管内の洪水予報4観測所、水位情報周知5観測所の水位に基づく行動項目を抽出すると、氾濫注意水位を超過してピーク後に再度氾濫注意水位まで水位が低下するまでの約8時間に、洪水予報、水防警報、水位予測情報、水位到達情報、水防活動状況、危険箇所水位情報、被害情報などの発表・報告や自治体へのホットラインなど計143項目（ピークの30分間には19項目）の洪水対応が必要となる。このような状況下においても、限られた人員で迅速・的確に遅延なく対応を行なうことが求められる。

(2) 水位連動のタイムライン行動支援機能

そこで、統一河川情報システムの観測水位、洪水予測システムの予測水位を読み込み、水位に連動した各種対応を画面左側にタイムラインとして表示するとともに、対応が必要なタイミングにはポップアップで注意を促し、その先の対応で使用するシステムへの誘導や様式の自動作成を行なう「タイムライン行動支援機能」を構築した。このように、「誰が」「いつ」「何を」行なう必要があるのかを河川の水位に連動して必要なタイミングに表示

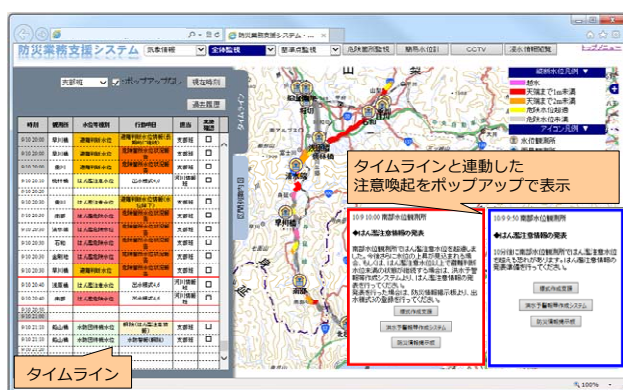


図-8 タイムライン行動支援機能

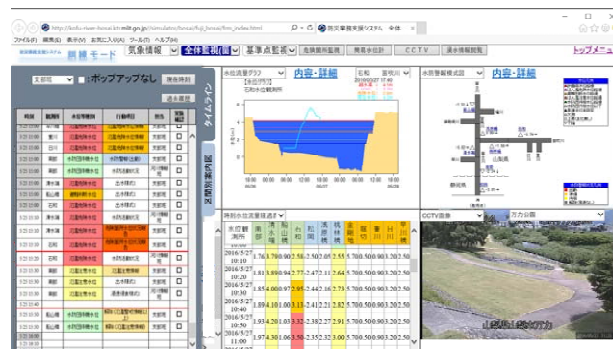


図-9 洪水対応訓練で活用したシステム訓練モード

することで、水位上昇期に集中する河川管理者の対応の省力化及び効率化を図っている（図-8）。

（3）洪水対応訓練におけるシステムの活用検証

訓練用水位ハイドロを10分ごとに配信して模擬的に防災業務支援システムを稼働させる訓練モードを用い、システムの活用可能性を検証した（図-9）。これにより、河川の水位状況や危険箇所等の空間的な把握、水位に連動した洪水予警報、水位到達情報、ホットライン、危険箇所報告などの迅速・的確な伝達実施、広報資料の作成などに本システムが有効であることを確認が出来た。また、ホットラインに関しては、河川事務所長と首長の双方で情報提供システムに表示される危険箇所の位置や水位状況を確認しながら、現在の危険度レベルや自治体が今後とるべき行動を効率的に確認することが出来た（図-10）。

6. おわりに

本報告では、危険箇所への設置が容易でリアルタイム監視が可能な危機管理型簡易水位計の開発、危険箇所の水位データ収集・整理・公開・報告様式作成を支援するシステムの構築による、低コストでの監視体制強化及び省力化の実現について報告した。また、システムをクラウド上で稼働することとしたことにより、事務所内の既存システムへの影響を最小限に抑えたほ



図-10 ホットラインの実施状況（訓練）

か、当事務所のみならず、他事務所及び自治体での利用も可能なシステム環境を構築した。なお、自治体において当システムの有効性への認識が広まりつつあり、今まで水位の観測体制がなかった支川に自治体自らの負担で簡易水位計の設置を進めるようになってきている。

加えて、基準点水位に連動してとるべき行動をポップアップで催促し、使用するシステムへの誘導や様式の自動作成を行なうタイムライン行動支援機能を構築し、危険箇所の監視・報告機能と合わせてシステムを活用した洪水対応訓練を実施した。これにより、危険箇所の状況把握と水位に連動した洪水対応並びに報告・共有というこれまで多くの時間を要していた対応を省力化、効率化できることが確認できた。

なお、国土交通本省では革新的河川管理プロジェクトの一環としてクラウド型・メンテナンスフリー水位計の開発が始められ、開発チームを結成している段階である（2017年3月）⁵⁾。本報告の検討状況を共有するとともに、当プロジェクトとも連携して実運用に向けた継続的な改善を図っていくことが必要であると考え

付録

富士川水系情報提供システム

<http://kofu-river-bosai.ktr.mlit.go.jp>

参考文献

- 1) 社会資本整備審議会：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」の再構築に向けて～答申，pp.12, 2015.
- 2) 小越範夫，外山陽一，土屋純也：魚野川における簡易水位計設置と水位情報の提供方法について，北陸地方整備局事業研究発表会，2013.
- 3) 小出博，千葉純嗣，井上勉：最上川上流での簡易水位計の活用について，東北地方整備局管内業務発表会，2016.
- 4) 土田元気，宮川祐司：氾濫危険箇所の監視体制の効率化について～簡易水位計を用いた一括監視・報告システム～，国土交通省国土技術研究会，2016.
- 5) 革新的河川管理プロジェクト（クラウド型水位計）
<http://www.mlit.go.jp/common/001150963.pdf>，（参照2017-4-1）

（2017. 4. 3受付）