

危機管理水位計による身近な河川水位情報の提供とデータの品質管理

柳町 年輝¹・富田 正裕²・筋野 晃司³・田所 正⁴

¹(一財)河川情報センター 河川情報研究所 研究第2部研究員

²(一財)河川情報センター 企画・調整部 副参事

³(一財)河川情報センター 企画・調整部長

⁴(一財)河川情報センター 河川情報研究所 研究第2部長

近年、集中豪雨や相次ぐ台風による中小河川の氾濫被害が問題となっている。この中小河川の氾濫被害を防止・低減する方法として、直接水位情報を周辺住民に伝え避難の判断をしてもらうために、国土交通省の施策の一環として洪水時の水位情報の提供に特化した低コストの「危機管理型水位計」を開発し、観測した水位情報を危機管理型水位計運用システムの「川の水位情報」においてインターネットにて一般に公開した。また、誤情報の配信を防止するための、異常値判定の検討を行った。

Key Words :危機管理, 水位計, 低コスト, 水位情報, 品質管理

1. はじめに

近年、西日本豪雨や相次ぐ台風の水害が多発しており、特に中小河川においては、急激に増水し氾濫するため、人的被害となる可能性が高い。

この中小河川の氾濫被害を防止・低減するために水位情報を周辺住民に直接伝え、避難の必要性を判断してもらう仕組みが求められている。

しかし、従来の水位観測施設は費用が高く、中小河川に数多く、きめ細かい観測を行うのは困難である。このため、国土交通省を中心にして、近年のIoT技術を取り入れ洪水時の水位情報の提供に特化することにより、低コストの「危機管理型水位計」が開発され、今夏より全国各地の水位情報が危機管理型水位計運用システムにより一般公開されている。

2. 危機管理型水位計の普及・促進

(1) 危機管理型水位計運営協議会

危機管理型水位計のデータを一括処理するシステムを運営するため「危機管理型水位計運用協議会」が設立され（一財）河川情報センターが事務局に選定された（国11機関、33道府県、11市町）。

【協議会の目的と業務】

- 危機管理型水位計を運用するためのシステムおよびシステムを運用する事業者の選定
- システムの運用にかかる業務
- 通信の契約にかかる業務
- 危機管理型水位計の調達にかかる業務 その他

(2) 経緯

平成28年11月 革新的河川技術プロジェクト
(第1弾) 公募開始

平成29年08月 革新的河川技術プロジェクト
(第1弾) 実証実験

平成29年11月 革新的河川技術プロジェクト
(第2弾) 実証実験

平成29年12月 中小河川緊急治水対策
プロジェクト

平成30年01月 「危機管理に対応した水位観測検
討会」3回開催

危機管理型水位計の観測基準・仕様を策定

平成30年03月 危機管理型水位計運用協議会の
設立

平成30年06月 運用システム『川の水位情報』を
運用開始

平成30年09月 運用システム『川の水位情報』に
通常水位計の水位情報、河川カメ
ラ画像を追加表示



平成30年度中：国管理河川約3,000箇所
平成32年度まで：道府県等管理河川約5,800箇所

3. 危機管理型水位計

(1) 低コストに向けての検討

水位計の普及を促進し数多く設置するためには、水位計を低コスト化する事が必要な条件であるため、主に下記(a)～(c)について機能・システム検討を行った。

(a) 間欠動作

装置の消費電力を抑えることが低コスト化に対して効果が大きく、停止または間欠動作することにより大幅に消費電力を抑えることが可能となる。

今回の導入目的は、洪水時の水位状況を把握し避難判断の目安とすることから、水位観測および伝送は洪水時のみ行う事とし、観測した水位により動作モードが自動で切り替わり間欠動作する仕様とした。

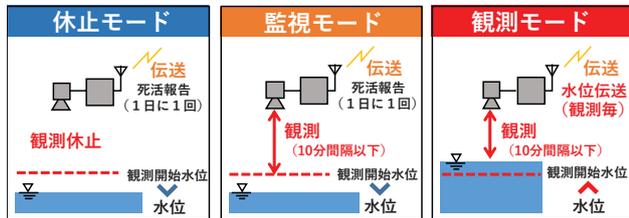


図-1 危機管理型水位計の動作モード

動作モードは(図-1)、①常時、水位計の観測は休止状態で、降雨時等で監視局側から観測指示を出し観測状態に移行する「休止モード」（1日に1回は死活報告を伝送する）（※ただし制御型水位計に限る）、②水位が設定した観測開始水位以下の場合、水位の観測（10分間隔以下）は行うが、データは送信しない「監視モード」（1日に1回は死活報告を伝送する）③水位が観測開始水位以上の場合、水位の観測（10分間隔以下）、データの配信を行う「観測モード」の3種類とした。

この間欠動作により、バッテリーや屋外収納ボックスの小型化が可能で、低コスト化、設置工事費の削減等が可能となった。

(b) 装置の一体化、小型化

従来のテレメータ水位観測局は、主に堅牢な観測局または屋外自立盤に収納設置されている。危機管理型水位計においては、内臓バッテリー等の小型化、装置の一体化に伴い小型の屋外ボックスに収納され、堤防や橋脚に簡易に設置が可能となった（図-2）。



図-2 従来の水位観測局と危機管理型水位計外観

(c) 民間の携帯電話網・クラウドサーバーの利用

従来のテレメータ水位観測局のデータ伝送は、テレメータ無線を利用し、データ管理は自前で構築したサーバーにて運営・管理している。

テレメータ無線方式は、決められた無線周波数で通信を行っていることから安定した通信が可能で信頼性が高いが、テレメータ無線装置や、中継局、監視局の維持管理コストが高く、データを管理するサ

ーバーにおいてもサーバの構築、メンテナンス等においても高額な維持管理コストがかかる。

危機管理型水位計においては、民間の携帯電話回線網（閉域網）やクラウドサーバーを利用することにより、初期費用や維持管理コストの削減が可能となった。

(2) 危機管理型水位計の特徴・仕様

危機管理型水位計の主な特徴は以下①～④となっている。

① 長期間メンテナンスフリー

無給電で5年以上稼働

② 省スペース（小型化）

橋梁等へ容易に設置が可能

③ 初期コストの低減

洪水時のみの水位観測により、機器の小型化や電池及び通信機器の技術開発によるコスト削減（機器設置費用は、100万円/台以下）

④ 維持管理コストの低減

洪水時のみ特化した水位観測よりデータ量を低減し、IoT技術とあわせ通信コストを削減
危機管理型水位計の外観と主な仕様を図-3、表-1に示す。



図-3 危機管理型水位計の外観

表-1 危機管理型水位計の主な仕様

水位計	検出方式	水圧検出方式、直接検出方式 電波検出方式、超音波検出方式
	測定範囲	0~10m
	最小読取単位	1cm
	精度定格	±0.3%FS以内
計測制御装置	設定機能	水位：観測基準高、観測開始水位、観測停止水位 動作モード：監視モード、観測モード
	水位算出処理	サンプリング間隔1秒以内で20秒以上平均にて算出 なお異常値除去後平均を行う
	その他	時計補正機能、耐雷機能
通信装置	通信間隔	観測モード：観測間隔で送信 (設定水位以上10.5.2分間隔) 監視モード：1日1回（死活監視）
	通信規格	LTEカテゴリ1（LTE Cat.1）、閉域網接続
	その他	SIMカード利用（各キャリア対応）
電源装置	電源	太陽電池または化学電池
	動作条件	太陽電池：平常時監視モード、9日間無日照の後観測モードで150回程度観測 化学電池：平常時監視モード、観測モードで年4回、個々150回程度観測
	電池交換期間	動作条件にて5年間電池交換不要
収納ボックス	保護等級	IP55以上
全 体	使用環境	-10~+50℃

4. 危機管理型水位計 運用システム (川の水位情報)

これまでの水位データは国および地方公共団体（河川管理者等）がそれぞれ個別のサーバーにて水位データを所有し、個々の提供システムにて住民に周知、全国システムへ伝送を行っている。今回新しく構築、運用を開始した危機管理型水位計運用システムは、それぞれ国および地方公共団体が設置した危機管理型水位計を共通のシステムに直結し、全国のデータを一括して統合処理することにより、ユーザーは河川の水位状況を管理者の区別なく一括で閲覧が可能となっている（図-4,5）。

また、各管理者で処理していたデータを一元管理・処理することで、システム運営・通信費を大幅にコスト削減が可能となった。

(1) WEB閲覧画面

川の防災情報のトップページにある「川の水位情報」のバナーをクリックすると（ブラウザでアドレス「<https://k.river.go.jp/>」を入力、2次元バーコードをスキャンすることでも可能）、「川の水位情報」にアクセスできる。代表的な閲覧画面の詳細を下記①～⑦にて説明する（図-6）。

また、既設の通常水位計の水位情報も同時に見ることができる。

① トップ画面（全国地図観測所位置図）

全国地図画面、危機管理型水位計および通常水位計設置観測位置にアイコンが表示される。

アイコンは観測水位により色が変化し、現在どのような状態であるか地図上で一目瞭然で分かりやすい表示となっている。

また、地図上の地域別にも色が塗られており、この色はその地域にある危機管理型水位計の状態を表す色と同期していることから、どの地域の水位が高いのか等の危険度がわかりやすくなっている。

② 拡大位置図

全国自由自在に拡大縮小が可能で、地図の拡大率にあわせ水位観測所のアイコンが表示される。

③ 水位グラフ画面

地図上の水位計観測局のアイコンをクリックすると、水位グラフが表示される。左右にスクロールすると過去の水位の閲覧が可能。

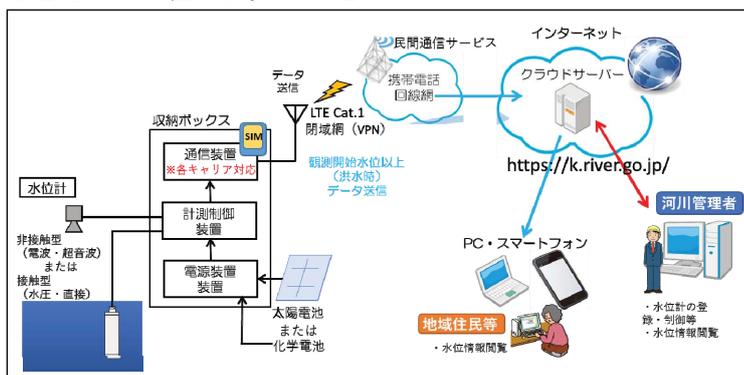


図-4 危機管理型水位計運用システムの構成図

④ 河川断面図

河川断面図のアイコンを選択すると河川の断面図が表示される。左右にスクロールすると河川断面全体が表示される。また、表示時刻を変化させるスライドバーを左右に変化させると断面図に表示されている水位の図がその時刻の観測値にあわせ変化するので水位の変化が絵的にわかりやすくなっている。

⑤ 観測値一覧

観測値一覧のアイコンをクリックすると過去の観測値データが表示され、上下にスクロールすることで過去の観測値データが表示される。

また、水位の状態により色分けされている。

⑥ カメラ画像

地図上のカメラのアイコンをクリックすると現在の河川カメラの映像が表示され、カメラ画像でも河川の状態がわかる。

⑦ スマートフォンによる閲覧

スマートフォンでもPC同様の内容が閲覧可能。特にスマートフォンの場合、画面にあるGPSアイコンをクリックすると現在の位置をGPSデータより判断し、自動で現在いる位置にズームする機能があり、簡単にいる位置の河川水位が見ることができる。

(2) 川の水位情報のアクセス状況

平成30年6月より川の水位情報の運用が開始された。川の水位情報の利用・アクセス状況の推移は、運用開始当初の台風7号（6月29日発生）が通過した時は、約2.5万PV/日程度のアクセス数であったが約4ヶ月後の9月末に台風24号が日本列島を横断した時には、約45万PV/日と運用開始当初から約20倍程度アクセス数が増加している（図-7）。

ちなみに、平成14年から運用開始している全国版「水文水質データベース」の近年の最多「日アクセス」と同等なアクセス数で、川の防災情報の過去最大のアクセス数は平成29年10月の台風21号の約1800万PV/日である。今後、知名度が上がり、さらなる利用者・アクセス数の増加が予想される。

5. 観測データの品質管理

危機管理型水位計は、中小河川に数多く、きめ細かい観測を行うため、洪水時の水位情報の提供に特

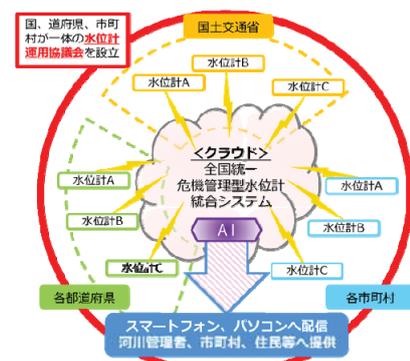


図-5 水平・垂直に統合したシステム概念図



図-6 危機管理型水位計運用システムの公開画面（一部）

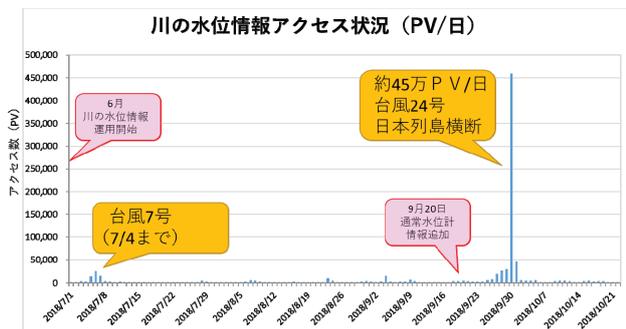


図-7 川の水位情報アクセス状況推移

化し、低コストの水位計というコンセプトで開発されたが、低コスト化するには、機器の信頼性とトレードオフの関係にある。特に以下①～③の事項を注意する必要がある。

- ①耐久性の低下（汚れ、外力、経年劣化、被雷性能、環境性能（温度・湿度等））
- ②安定性の低下（外来ノイズ耐性、ソフトの動作の安定性）
- ③その他(盗難リスク等)

および、従来の水位計から観測箇所が大幅に増加することも合わせ、機器の故障や欠測、異常値の配信をする可能性がある。

しかし、危機管理型水位計は危機管理（警戒避難の目安）を目的とするものであり、誤情報の配信は人命にもかかわる大きな混乱を招く可能性があるため、リアルタイムに観測データの品質管理（異常値の検出・通知）を行い、信頼性のある観測データの

提供を行う必要があると考えられる。

(1) 品質管理における異常値検出方法

観測データの異常値の検出方法として、以下(a)～(c)の設定値・観測値と比較を行い異常値を判定する方法を導入することとした（図-8）。

(a) 個別の観測局の設定値と比較する方法（図-9）

【状態1】観測データが、水位計毎に設定した観測上限値（堤防高等）を超過し、観測データが配信された。

【判定1】観測上限値(堤防高等)は、本来あり得ない観測水位であるので、異常値の可能性があると判定する。

【状態2】観測データが、水位計毎に設定した観測下限値(観測開始水位)未満となり、観測データが配信された。

【判定2】本来は、測下限値(観測開始水位)未満の観測データは配信されないことから、異常値の可能性があると判定する。

(b) レーダ雨量計と比較する方法(図-10, 11)

【状態1】流域の降水量が多いが、水位上昇がなく観測水位データが配信されない。

【判定1】レーダ雨量計のデータから、洪水到達時間内流域平均雨量 R_t を算出し、雨量の閾値を超過しても、水位が観測開始水位を超えない場合は異常値の可能性があると判定する。

【状態2】流域の降水量が少ないが（または無降

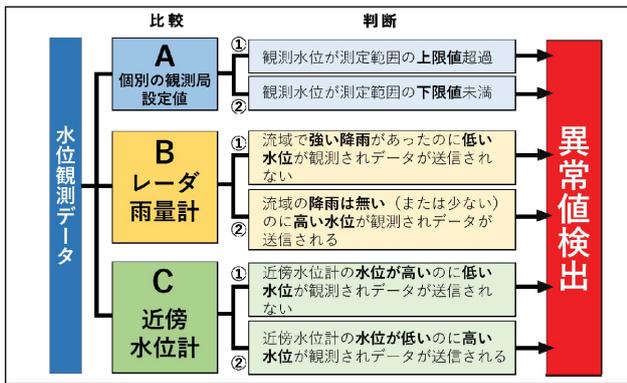


図-8 異常値検出方法のフロー

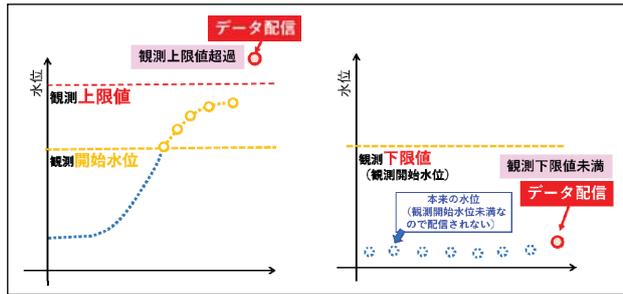


図-9 個別観測局の設定値を用いた異常値検出

雨), 水位が上昇し観測水位データが配信される。
【判定2】 レーダ雨量計のデータから, 洪水到達時間内流域平均雨量 Rt が閾値を超えていないのに水位が観測開始水位を超過し, データ配信した場合, 異常値の可能性があると判定する。

【雨量閾値の設定方法】

流量 Qt はマンニングの公式及び合理式から,

$$Qt = (\text{河積}) * (\text{径深})^{2/3} * i^{1/2} / n$$

$$\approx (Ht * B) * (Ht)^{2/3} * i^{1/2} / n \quad (1)$$

$$= (i^{1/2} * B / n) * Ht^{5/3}$$

$$Qt = A * f * Rt / 3.6 \quad (2)$$

式(1), 式(2)より, 式(3)を得る. 式(3)は, 流域平均雨量から推算される水深を意味する。

$$Ht = (n * A * f / (3.6 * i^{1/2} * B))^{3/5} * Rt^{3/5} = C * Rt^{3/5} \quad (3)$$

式(3)を洪水到達時間内流域平均降雨強度の式に書き換えると, 式(4)を得る。

$$Rt = (Ht / C)^{5/3} \quad (4)$$

式(4)より, 観測開始水位に対応する洪水到達時間内流域平均降雨強度 (以下 Rt_{start} とする) を算定する. この Rt_{start} に α を乗じるにより, 所定の閾値を設定する。

流域で強い降雨があつたにも関わらず, 観測水位が配信されない異常の検出を行う場合には,

$$\text{雨量閾値 (a)} = Rt_{start} * \alpha \quad (\text{Ex. } \alpha = 1.5)$$

流域の降雨は弱いにも関わらず, 高い観測水位が配信される異常の検出を行う場合には,

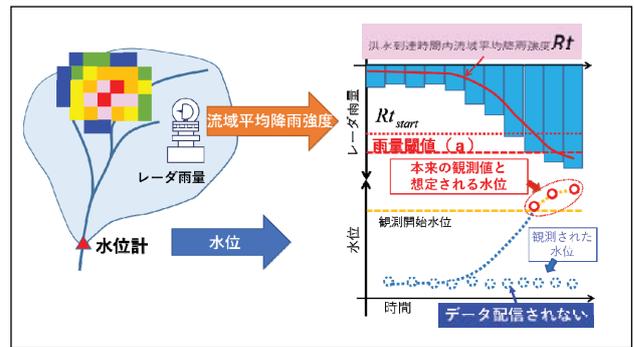


図-10 レーダ雨量計を用いた異常値検出①

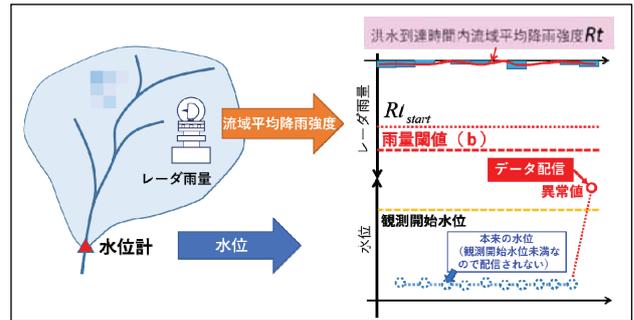


図-11 レーダ雨量計を用いた異常値検出②

$$\text{雨量閾値 (b)} = Rt_{start} * \alpha \quad (\text{Ex. } \alpha = 0.5)$$

とし, それぞれ検出する異常に合わせた閾値を設定する。

(c) 近傍水位計と比較する方法 (図-12, 13)

【状態1】 近傍水位計の水位が高いが, 観測水位が低く観測データが送信されない。

【判定1】 近傍水位計の観測水位が近傍水位計開始水位を超過し閾値以上になっても観測値の送信がされない場合は異常値の可能性があると判定する。

【状態2】 近傍水位計の水位が低い, 観測水位が高く観測データが送信される。

【判定2】 危機管理水位計の観測水位が観測水位を超過し配信されたが, 近傍水位計の水位が閾値未満の場合は異常値の可能性があると判定する。

【水位閾値の設定方法】

危機管理型水位計毎に設定される観測開始水位に対応する河川流量 Qt をH-Q式あるいはマンニング式により算定する。

算定した観測開始水位に対応した河川流量 Qt を近傍水位計設置断面のH-Q式により水位へと変換することで, 観測開始水位に対応する近傍水位計水位 (以下 Ht_{start} とする) を求める. この Ht_{start} に α を加えることにより, 所定の閾値を設定する。

近傍水位計の水位が高いにも関わらず, 観測水位が配信されない異常の検出を行う場合には,

$$\text{水位閾値 (a)} = Ht_{start} + \alpha \quad (\text{Ex. } \alpha = 2.0)$$

近傍水位計の水位が低いにも関わらず, 高い観測水位が配信される異常の検出を行う場合には,

$$\text{水位閾値 (b)} = Ht_{start} - \alpha \quad (\text{Ex. } \alpha = -2.0)$$

それぞれ検出する異常に合わせた閾値を設定する。

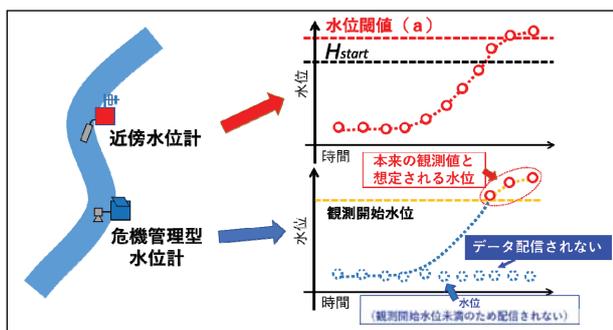


図-12 近傍水位計を用いた異常値検出①

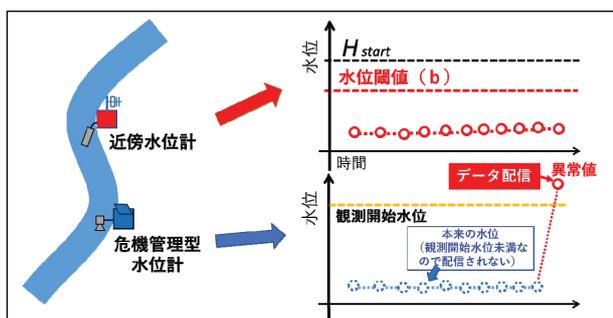


図-13 近傍水位計を用いた異常値検出②

6. まとめ

中小河川の氾濫被害を防止・低減する方法として、直接水位情報を周辺住民に伝え避難の判断をもらうために、洪水時の水位情報の提供に特化した低コストの「危機管理型水位計」を開発し、全国への導入が始められている。

全国への普及を促進するため国・地方自治体からなる危機管理型水位計の運用協議会が設立され、運用協議会の事務局である（一財）河川情報センターが運用管理している、危機管理型水位計運用システム「川の水位情報」が平成30年6月よりインターネットにて一般に公開されている。

平成30年度中に国管理河川約3,000箇所、平成32年度までに順次、道府県等管理河川約5,800箇所を目標に、今後引き続き観測網が広がって行く予定である。

しかし、観測データの誤情報の配信は、多くの混乱を招く可能性があるため、品質管理機能である異常値判定・表示機能を「川の水位情報」にH30年度内導入に向け検討を行っている。さらに今後、この異常値判定機能に蓄積される観測データを利用分析することによって、より信頼性の高い情報を提供できるよう検討を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局：「危機管理に対応した水位観測検討会 資料」2017. 12
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局：「水管理・国土保全局革新的河川管理プロジェクト（第1弾）資料」2017. 12
- 3) 国土交通省HP「川の防災情報」
<https://www.river.go.jp/kawabou/>
- 4) 国土交通省HP「川の水位情報」
<https://k.river.go.jp/>
- 5) 国土交通省水管理国土保全局「川の防災情報アクセス数についての報道発表資料」2017. 10
- 6) （一財）河川情報センターHP「危機管理型水位計に関連するポータルサイト」
<http://www.river.or.jp/riverwaterlevels>

Provision of the imminent river water level information by the risk management type water level gauge and quality control of those data

Toshiki YANAGIMACHI, Masahiro TOMITA, Koji SUJINO, Tadashi TADOKORO

The flooding damage of the medium and small size rivers caused by heavy rain and successive typhoons has become the problem in recent years. A method to prevent the flooding damage of small and medium size rivers is to provide the directly water level information to neighboring inhabitants. The neighboring inhabitants can judge their refuge based on this the water level information. A low-cost and small size "risk management type water level gauge" was developed to offer the water level information at flood period. And the water level information was released on the Internet in "the water level information of the river" of the risk management type water level gauge operation system. And we examined the quality control function (abnormal value judgment function).