

# DX を活用した高水流量観測の取組について

武田 尚樹<sup>1</sup>・鴨井 真<sup>1</sup>・馬島 大地<sup>1</sup>・渡邊 洋之<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 千曲川河川事務所 流域治水課 (〒950-0912 長野県長野市鶴賀字峰村 74)

令和元年東日本台風の影響により、千曲川本川の立ヶ花・杭瀬下・生田観測所において計画高水位を超過し観測史上第1位を観測した。その際、洪水時の流量観測（以下、高水流量観測）において浮子を使用した現場での安全管理・流量観測の精度に課題を残した。高水流量観測における課題を解決するため各観測所の河道状況を踏まえた上で、電波式流速計や画像解析といった非接触手法を活用し、デジタルトランスフォーメーション（以下、DX）による、流量観測体制の確立を図る。さらに、DX を活用した新たな流量観測手法へと展開することで、現場での安全性の確保、省力化及び精度向上の両立を目指す。

キーワード：高水流量観測,DX,非接触,画像解析

## 1. 千曲川流域における令和元年東日本台風の概要

### (1) 千曲川の概要

千曲川は、山梨・埼玉・長野の三県にまたがる甲武信ヶ岳を源とし、長野県で佐久・上田・長野などの次々と連なる盆地を流れ、支川犀川などを合流して、治水の難所である立ヶ花・戸狩の二大狭窄部を流れ下る。その後、新潟県に至り信濃川と名を改め、越後平野を流れて日本海に注ぐ、幹川流路延長 367km（千曲川は 214km）の国内 1 位の一級河川である。千曲川・犀川の流域面積は長野県全体の 53%（7,163km<sup>2</sup>）を占める。

信濃川水系の河床勾配を図-1 に示す。生田観測所のある上田盆地の河床勾配は約 1/180 と直轄区間では最も急流で、千曲市の杭瀬下観測所付近では約 1/340 となる。また、立ヶ花観測所付近の河床勾配は 1/1,000～1/1,500 と緩くなる。

### (2) 令和元年東日本台風の概要

令和元年東日本台風は 10 月 12 日の夕方から夜にかけて、非常に強い勢力を保ったまま東海・関東地方に上陸し、台風本体の発達した雨雲の影響により、千曲川流域の多くの気象庁アメダス観測所では観測史上第 1 位となる降雨を観測した。千曲川流域では特に東側で 総雨量 300mm 以上を観測した（図-2）。大雨の影響により、各地で越水による浸水被害等が発生し、長野市穂保地先では堤防が約 70m にわたり決壊し、甚大な被害が発生した。

千曲川管内の基準観測所のうち、立ヶ花・杭瀬下・生田水位観測所において、計画高水位を超過し、観測史上第 1 位の水位を観測した。また、令和元年東日本台風は、短時間で集中的な降雨となったため、過去の洪水と比較すると立ち上がりからピークまでの水位

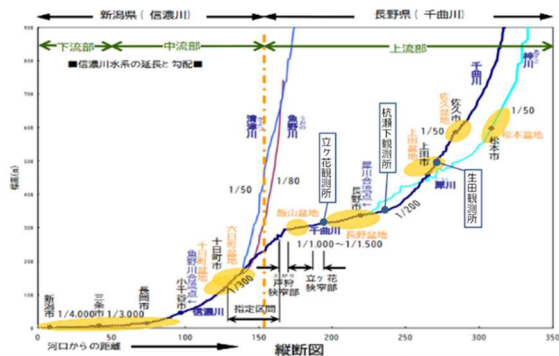


図-1 信濃川水系河床勾配図

上昇の速度が速くなった（図-3）。

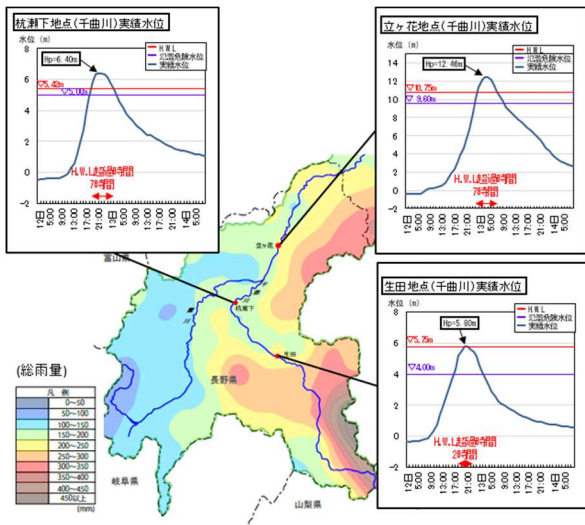


図-2 等雨量線図（令和元年東日本台風）

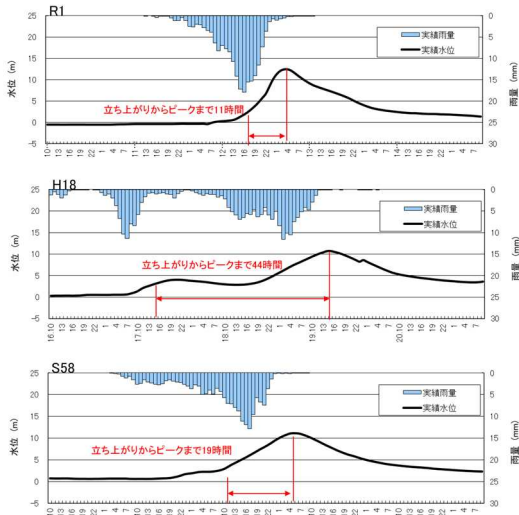


図-3 立ヶ花観測所の過去洪水のハイドログラフ

## 2. 令和元年東日本台風における流量観測の課題

千曲川河川事務所では、治水計画の基準地点となっている立ヶ花観測所のほかに杭瀬下観測所や生田観測所など千曲川沿いで5箇所、犀川沿いの5箇所流量観測を実施している（図-4）。高水流量観測の浮子測法では、1観測所5人程度で浮子による観測を行っている。なお、生田及び陸郷観測所では観測所付近に橋梁がないことから、浮子投下装置を使用し、流量観測を行っている。高水流量は今後の河川計画の基礎となるものであり、気候変動の影響により災害が激甚化・頻発化する中で、正確な高水流量の把握がより重要となっている。そのような中で、令和元年東

日本台風において、観測史第1位を記録した立ヶ花・杭瀬下・生田観測所では、高水流量観測における観測員の安全面や観測精度について、次の課題を残した。



図-4 千曲川管内の水位観測所位置図

### (1) 立ヶ花観測所

立ヶ花観測所は、千曲川管内における治水計画上の基準点であり、重要な観測所となっている。立ヶ花観測所では、避難判断水位を超過すると観測断面が冠水し、見通し員が立てなくなるため、浮子観測が不可能となる（図-5）。

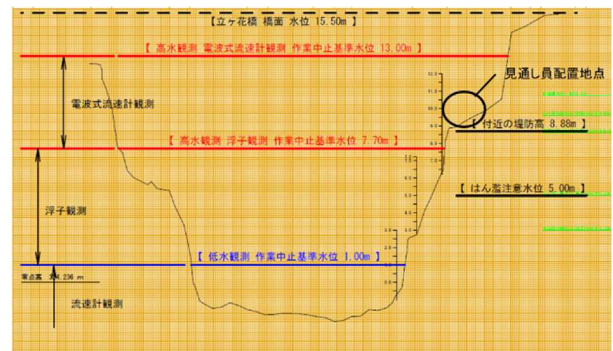


図-5 立ヶ花観測所の横断面図

令和元年東日本台風時は、避難判断水位を超過し、最高水位が12.46mとなり流量観測の安全面と確実性が課題となった。なお、当時の流量観測受注者が自社の精度向上の取組として、電波式流速計観測してい

たため、洪水ピーク時まで観測を実施することが可能であった。

## (2) 杭瀬下観測所

杭瀬下観測所の川幅は約 400m と管内観測所で最も広く、低水路と高水敷から成る複断面河道であり、測線ごとに流速が大きく異なる。流量は流速と河積の積より算出するため、どの断面流速を測定しているかが重要である。令和元年東日本台風においては、高水敷の植生の繁茂等により、浮子がうまく流下せず、低水路においても浮子を投下する千曲橋直下流に水管橋があるため水流が乱れやすい(図-6)。さらに、植生の繁茂による水流の障害により、浮子が計画通りの測線上を流下しないなど観測の精度に課題があり、水文観測照査を踏まえ、高水流量が欠測となった(図-7)。

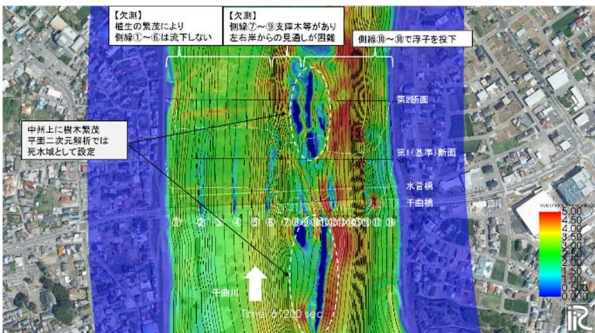


図-6 杭瀬下観測所の平面二次元解析結果

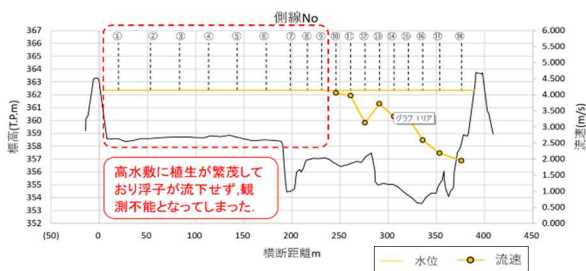


図-7 杭瀬下観測所の横断面図

## (3) 生田観測所

生田観測所では、大きく分けて3つの課題がある。1つ目は、水位上昇の速さである。直轄管理区間の上流に位置し、河床勾配が約 1/180 と急流であることから、水位の上昇が速い。一方、浮子投下装置を利用しているため、観測に30分から1時間程度時間を要し

てしまう。そのため、短時間で効率的な流量観測が必要である。2つ目は、観測所付近の河道状況である。観測所の下流部の観測断面では、右岸側の支川の瀬沢川の流入と植生の繁茂が浮子による流量観測に影響を及ぼす(図-8)。3つ目は、夜間時に水位が上昇したことである。生田観測所では、夜間に洪水のピークを迎える中で浮子観測を行ったが、流速が 9m/s を超過する測線もあり、水面が波打つような激流となり、浮子の軌跡を観測することが非常に困難であった(図-9)。以上のことから、浮子観測によって観測した流速の流下断面を正確に把握することが困難であったことから、高水流量の精度に課題を残している。

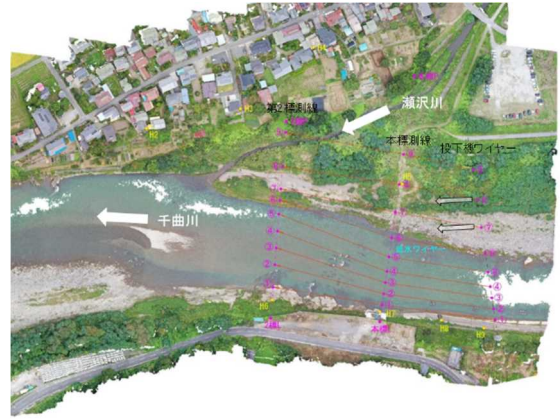


図-8 生田観測所の航空写真

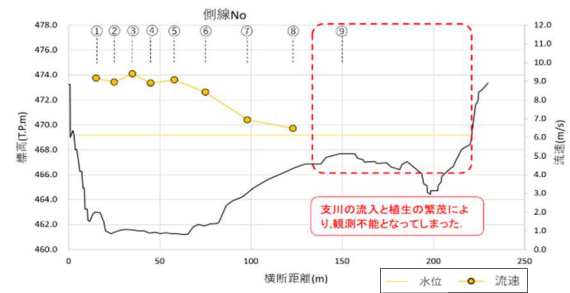


図-9 生田観測所の横断面図

## 3. DX を活用した新たな流量観測について

令和元年東日本台風洪水時の高水流量観測における課題を踏まえ、DX を活用し、各観測所の河道状況特性に合わせた新たな流量観測の手法を選定した。

### (1) 立ヶ花観測所

立ヶ花観測所は、避難判断水位を超過すると見通

し員が立てなくなり安全面において課題がある。また、治水の基準となっており、洪水後に早急な高水流量の把握が求められているため、表面流速を直接観測可能な電波式流速計を使用した流量観測を行うこととした。電波式流速計による非接触観測にすることで、浮子測法の際に配置していた浮子観測員の配置が不要となり、安全面及び現場作業員の省力化につながる。現在では、水位が避難判断水位を超過し、7.7m に到達すると電波式流速計による高水流量観測に観測方法を切り替えるように観測体制を確保している。

### (2) 杭瀬下観測所

杭瀬下観測所では、高水敷などの植生繁茂や水管橋と千曲橋が連立していることにより、橋脚付近で流水が乱れやすいことが課題となっている。そのため、各断面での適切な流速が算出できるように流速の平面分布を把握可能な画像解析による非接触型の流量観測を 2022 年より試行している (図-10)。杭瀬下観測所は川幅が広いいため、画像解析に使用する動画の撮影には横断的に複数地点での水面の撮影が必要となるため、iPhone など現場で据え付けが容易な機材を活用している。

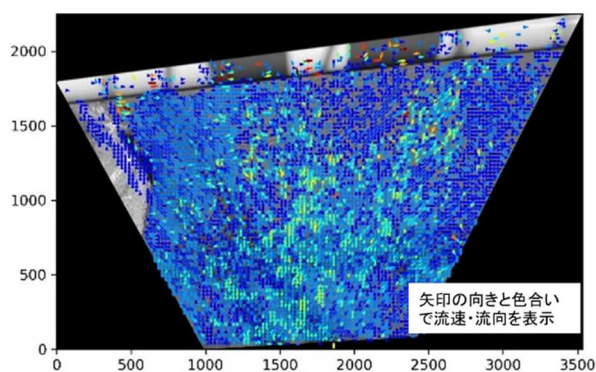


図-10 画像解析による平面流速分布の解析結果 (PIV)

### (3) 生田観測所

生田観測所でも杭瀬下観測所と同様に画像解析を使用した非接触型の流量観測の検討を行っている。生田観測所は、千曲川本川上流の急流河川であり、高

水時の急激な水位上昇や水面が波打つような激流の状況でも流向・流速の正確な把握が可能であること、近傍に橋梁が無いことを考慮し、観測機材等を検討した。また、令和元年東日本台風では夜間に観測を行う必要があり課題が生じた。その結果、常時水面の状況を撮影可能にするため、赤外線カメラ等を現地に設置し、昼夜・水面の状況を問わず、水面の画像を観測し、その画像を解析する観測手法を使用することとした (図-11)。現在は、2023 年度中の観測体制の確保に向けて機材設置等を進めているところであり、赤外線カメラ等の画像解析の体制が確立することで、夜間での確実な観測及び現場作業の省力化・無人化につながると考えている (図-12)。

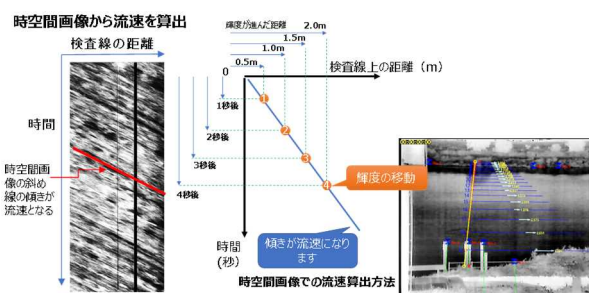


図-11 画像解析手法 (STIV)



図-12 赤外線カメラの設置状況

## 4. これまでの取り組み状況

立ヶ花観測所での電波式流速計については、2022 年度から観測体制を確立している。体制確立後から現時点までは、電波式流速計を使用する規模の出水は発生していないが、出水期前には、本番に備え、操作説明会や事前訓練を実施し、観測機器の操作方法や風向風速計の配置位等の確認を実施しているところ

である（図-13）。



図-13 事前操作説明会状況

また、画像解析は流量観測の高度化に精通している国立研究開発法人土木研究所水工研究グループ水文チームからの助言及び指導をいただきながら進めている。2022年度には、千曲川河川事務所管内の全流量観測業者も参加する中で3回の勉強会を開催し、画像解析手法におけるアルゴリズム等を理解し、流量観測の技術力の向上に向けた取り組みを実施した（図-14）。現時点では、高水流量観測の実施までは至っていないが低水流量観測において実績を積み重ねている。



図-14 画像解析勉強会状況

## 5. 今後の展望

令和元年東日本台風から現在までは、浮子による流量観測手法から非接触手法を活用した流量観測へ展開するため、解析手法の決定・観測体制の確立を図った段階であり、実際の洪水における高水流量観測の実施には至っていない。流量データは今後の河川計画等の検討の基礎となるものであり、統計データとして水文水質データベースで公表されるため、非

接触手法を活用した流量観測結果を蓄積していく。非接触手法による流量観測は表面流速のみの観測となるが、今後の課題としては、従来の浮子観測では水深に応じた代表流速を観測できるが非接触手法では表面流速のみの観測となるため、従来の浮子観測とDXを活用した新たな観測との整合が図れるよう、双方の結果を比較検証し、非接触手法によるデータの妥当性を確認していくことが重要だと考える。これらの取組により、現場作業の省力化及び効率化、観測精度及び安全性の向上を図っていく。

謝辞：本稿の執筆に当たり、ご協力をいただいた関係者の皆様に心より感謝申し上げます。