

令和元年東日本台風による洪水における 大河津分水路の河道水理状況について

丸山 友之¹・魚津 伸悟¹・細井 遵敬¹

¹北陸地方整備局 信濃川河川事務所 計画課 (〒940-0098 新潟県長岡市信濃1-5-30)

大河津分水路の河口にある渡部水位観測所では、令和元年（2019年）10月洪水によって観測史上最高水位及び最大流量を記録した。本稿では令和元年10月洪水と大河津分水路で過去に起こった大規模洪水について水理データを収集し、比較整理を行った。その結果、令和元年10月洪水は他の洪水と比べピーク水位、流量は大きかったものの、洪水継続時間は比較した洪水の中では最短であることが判明した。また、複断面区間で水位上昇が見られた一方で、河床変動が生じた区間は限定的であったことが明らかとなった。

キーワード 台風19号、令和元年10月洪水、大河津分水路、河床変動

1. はじめに

2019年10月に発生した台風19号は、日本の広い範囲で記録的な豪雨をもたらし、多くの河川で大規模な洪水を引き起こした。このうち、信濃川水系（千曲川～信濃川）では、多数の水位観測所で観測史上最高水位を観測し、長野市穂保地区における堤防決壊をはじめ、堤防の越水、無堤区間等における氾濫により家屋の床上・床下浸水が多数発生し、流域に甚大な被害が生じた。また、信濃川上・中流部の最下流に位置する大河津分水路は、1922年の通航開始からまもなく100年を迎えるが、大河津水位観測所では観測史上最高水位を記録し、渡部水位観測所でも観測史上最高水位及び最大流量を記録した。

現在、大河津分水路では、洪水時の水位低下及び河床安定性の確保等を目的に、河口部の拡幅事業を行っているところであるが、その最中に発生した洪水であった。

本稿では、令和元年東日本台風による洪水前後の大河津分水路における各種河道水理データを収集したうえで、過去洪水時のデータと比較を行い、当該洪水のインパクトや特徴を明らかにしたうえで、今後の河川管理に資する知見を明らかにすることとした。

2. 大河津分水路の概要

大河津分水路（図-1）は、信濃川水系信濃川の新潟県燕市付近より分派し、同長岡市の寺泊付近で日本海に注ぐ、全長約10kmの人工河川である。

大河津分水路の開削工事は1907年より着手され、イギリスやドイツから輸入した当時の最新の大型土木機械を使用し、延べ1,000万人の人々の力が集結され、今から

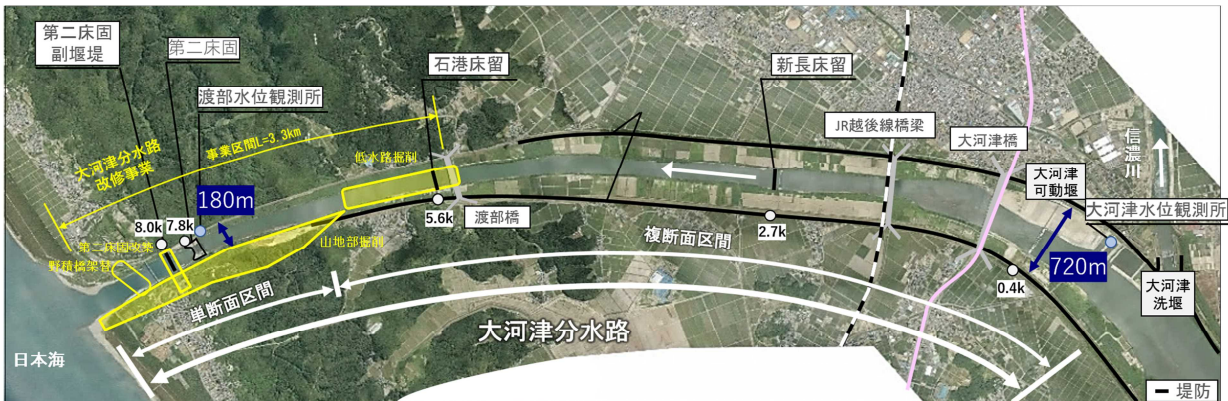


図-1 大河津分水路の全景航空写真

約100年前の1922年に通水した。しかしながら、通水開始からわずか5年後、大河津分水路への流量を調節する自在堰が急激な河床低下により陥没したことから、河床安定性を確保するための第二床固をはじめとする床止め群、及び自在堰に代わる施設としての大河津可動堰の整備からなる「信濃川補修工事」が1931年に完成し、ほぼ現在の大河津分水路の姿となった。

大河津分水路は、本川側の大河津洗堰と分水路側の大河津可動堰の双方のゲート操作により平常時、渇水時、洪水時の流量制御を行っている。なお、これらの施設は老朽化が顕著であったため、大河津洗堰を1992～2002年に、大河津可動堰を2003～2014年にそれぞれ改築し、現在に至っている。

大河津分水路は、建設当時の技術的制約などから、河口に向かってろう斗状に狭まる形状であり、大河津可動堰付近の川幅約720mから河口付近では約180mとなっており、信濃川上・中流部の最下流に位置しているにもかかわらず、洪水処理能力が不足している。

また、分水路通水前は現在の分派点から約60kmを経て日本海に至っていたが、これを約10kmでショートカットしたことにより河床が急勾配となり、1931年の「信濃川補修工事」の完成後も河床低下のリスクが生じ続けている。さらに、河床低下を抑制する要の施設である「第二床固」は、1931年の完成から90年近くが経過しており、老朽化が進行している。

さらに、大河津分水路の河口がある長岡市寺泊から新潟市までは沿岸沿いに山地や砂丘が存在するため、大河津分水路右岸側の堤防が決壊した場合は、氾濫流が新潟市街まで到達する可能性がある。

こうした課題の解消に向けて、大河津分水路を含む一連区間の洪水時の水位低下による堤防決壊の防止と、信濃川上・中流部の治水安全度の向上のため、2015年度に、大河津分水路河口部を現在よりも約100m拡幅する大河津分水路改修事業が新規事業採択され、2032年度の完成に向けて事業を推進しているところである。

表-1 既往洪水における渡部水位観測所のピーク水位及び流量

対象洪水	ピーク水位 (T.P.m)	ピーク流量 (m ³ /s)
令和元年(2019) 10月洪水	12.39 (1位)	9,345 (1位)
平成23年(2011) 7月洪水	11.42 (2位)	8,318 (2位)
昭和57年(1982) 9月洪水	11.27 (3位)	7,758 (3位)
平成18年(2006) 7月洪水	10.94 (5位)	7,252 (4位)
昭和53年(1978) 6月洪水	10.86 (8位)	7,211 (5位)

事業完成後は、洪水時における一連区間での水位低下による堤防決壊の防止、及び支川合流部の水位低下が図られる。また、信濃川上・中流部の更なる治水安全度の段階的な向上に向けた事業の推進が可能となり、信濃川上・中流部全体の治水安全度向上に繋がる。

3. 令和元年10月洪水、及び既往洪水における水理データの比較、分析

本章では、渡部水位観測所での観測流量の上位5洪水について水位及び流量の比較を行った。対象とする洪水の渡部水位観測所におけるピーク水位及び流量を表-1に示す。ここで、ピーク水位は洪水が発生してから終了するまでの間の観測水位の最大値を、ピーク流量は各洪水年の確定H-Q式に基づき算出された流量の最大値をそれぞれ指す。

(1) 水位ハイドログラフと洪水継続時間

図-2(a)と(b)は対象5洪水の大河津水位観測所と渡部水位観測所において観測された水位ハイドログラフである。なお、本稿では過去に用いられていた洪水水位の呼称(通報水位等)を、現在用いられている呼称に読み替えて表示している。

水位ハイドログラフより、令和元年10月洪水に関して、以下の点が明らかとなった。

- 大河津水位観測所では、計画高水位を9時間50分超過し、氾濫危険水位を約12時間超過した。

また、過去の洪水と令和元年10月洪水とを比較した結果、以下の点が明らかとなった。

- 大河津水位観測所における洪水継続時間(水防団待機水位以上)は平成18年7月洪水が最も長く、114時間であった。
- 令和元年10月洪水の洪水継続時間は比較した5洪水の中では最短の約35時間であった。
- 水防団待機水位を超過してからピーク水位に至るまでの時間はばらつきがみられ、ピークが2つある二山洪水(平成23年7月洪水)も存在した。

以上から、令和元年10月洪水は過去洪水と比較して、短時間で水位が上昇し、高水位が続いた後、急激に水位が低下した洪水であったといえる。

(2) 痕跡水位

渡部水位観測所のピーク流量の上位3洪水について、大河津分水路左右岸の痕跡水位と計画高水位の縦断面図を示す。

痕跡水位縦断面図(図-3(a))より、令和元年10月洪水の痕跡水位について、以下の点が明らかとなった。

- ・大河津分水路の複断面区間においてH.W.L.を超過していた。

以上から、令和元年10月洪水では、大河津分水路の堤防区間において計画高水位を超過しており、堤防決壊リスクが高まっていたものと考えられる。

また、過去の洪水と令和元年10月洪水との痕跡水位を比較した結果、以下の点が明らかとなった。

- ・7.0kから6.0kの区間は、洪水毎に傾向が異なり、特に、平成23年7月洪水と昭和57年9月洪水の差が顕著であった。
- ・5.8kより上流では、平成23年7月洪水と昭和57年9月洪水の痕跡水位はほぼ一致していた。

また、過去の洪水と令和元年10月洪水との痕跡水位の差を図-3(b)に示す。この図より、痕跡水位差について以下の点が明らかとなった。

- ・6.0kより下流では、下流に向かうにつれて痕跡水位差は増加していた。
- ・5.8kより上流では、令和元年10月洪水とその他の洪水との痕跡水位差は概ね等しい。

6.0kより下流に向かうにつれて、令和元年10月洪水とその他の洪水との痕跡水位差が増加した要因は、河道が複断面から単断面へと変化して川幅が狭まる6.8k付近がボトルネックとなり、堰上げが生じているものと考えら

れる。図-2(a)に示した水位ハイドログラフより、令和元年10月洪水と昭和57年9月洪水は、水位が上昇した後高水位が長時間継続している一方、平成23年7月洪水は令和元年10月洪水や昭和57年9月洪水に比べて洪水継続時間が長く、水位の上昇も急激であったが、高水位の継続時間は短い。この高水位の継続が堰上げ及び痕跡水位差を生む要因であるものと考えられる。

また、5.8kより上流の複断面区間において、痕跡水位の差が概ね一定であることは、各洪水におけるピーク時の水面勾配が同じであることを意味するものと考えられる。

4. 令和元年10月洪水による河道への影響の分析

本章では、令和元年10月洪水時及び洪水後に得られたデータ等を基に、令和元年10月洪水が大河津分水路に与えたインパクト等について分析を行った。

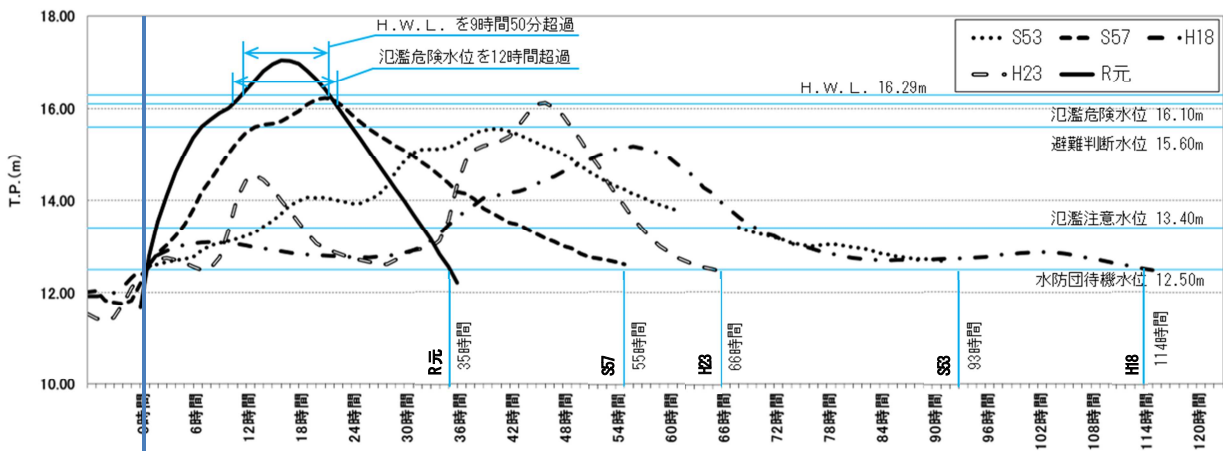


図-2(a) 大河津水位観測所における水位ハイドログラフ

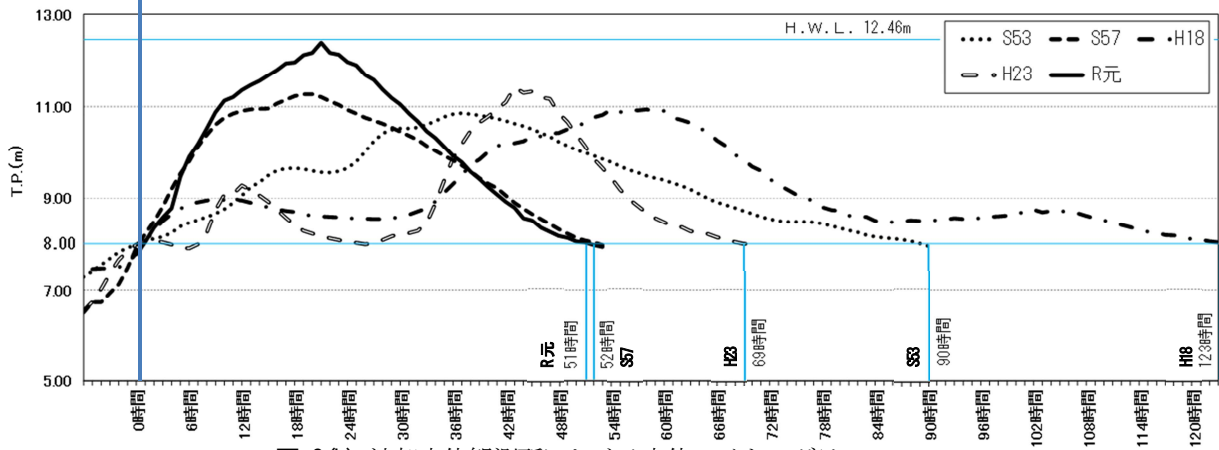


図-2(b) 渡部水位観測所における水位ハイドログラフ

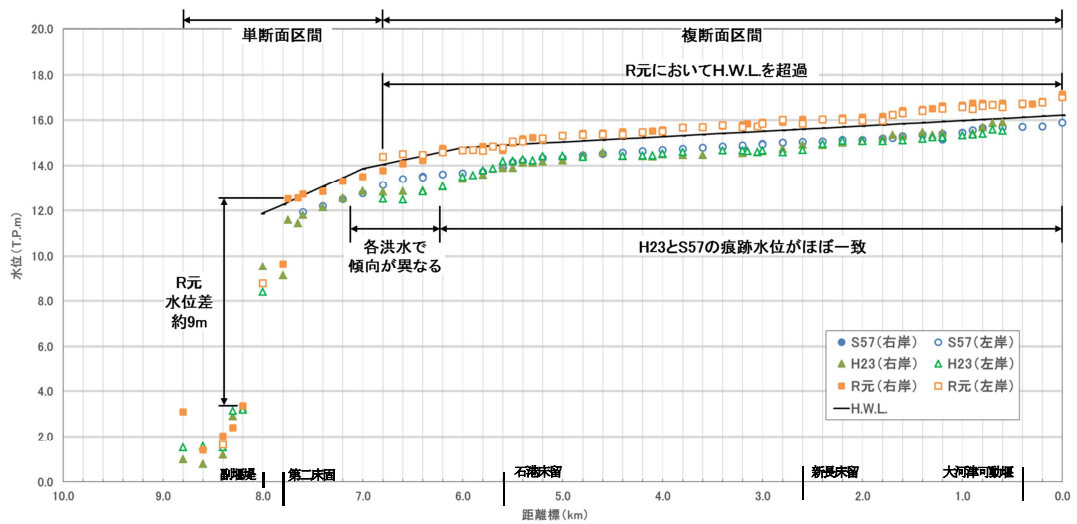


図3-(a) 渡部水位観測所におけるピーク流量上位3洪水の痕跡水位とH.W.L.縦断面図

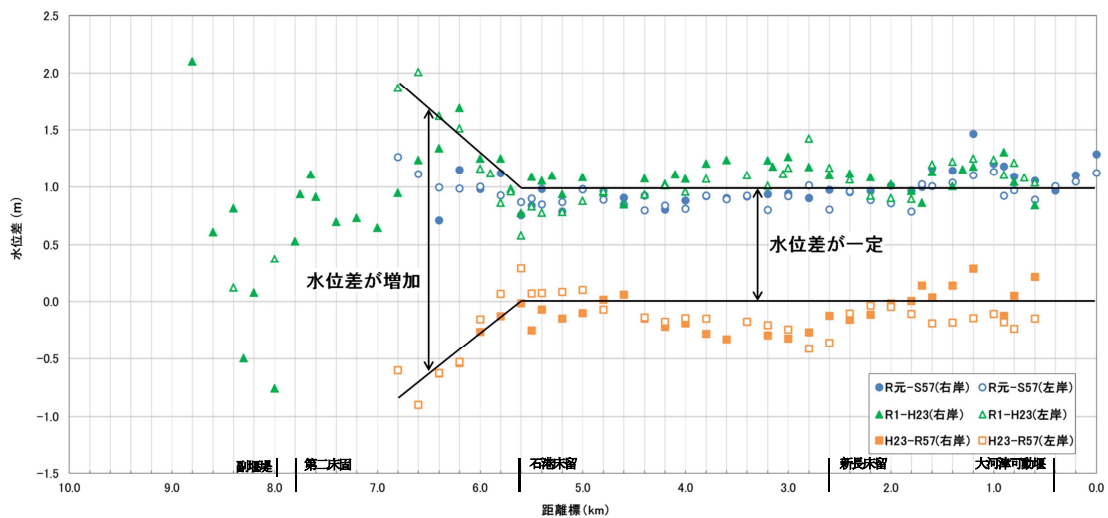


図3-(b) 渡部水位観測所におけるピーク流量上位3洪水の痕跡水位差

(1) 深浅測量による河床への影響確認

当事務所では、定期的にナローマルチビームを用いた深浅測量を行い、大河津分水路の河床の状況把握に努めてきたところであり、その一環として、洪水が発生する直前の2019年6月に、8.4k~5.4kの間でナローマルチビームによる深浅測量を行ったところであった。今回、洪水後の2019年11月に同区間で再び深浅測量を行うことで、大河津分水路の観測史上最大の洪水が流下したことによる河床への影響を確認、比較することが可能となった。

図-4で深浅測量によって得られた河床高の洪水前後の差分を示す。測量結果より以下の点が明らかとなった。

- 副堰堤 (8.0k) の直下流では最大で9mの局所洗掘が発生した。
- 第二床固 (7.8k) と副堰堤の間では右岸側で最大で4mの局所洗掘が発生した。
- 軟岩露頭区間 (7.8k~6.6k) においては、河床の変化が見られなかった。
- 軟岩露頭区間の上流の6.4kでは、低水路中央付近

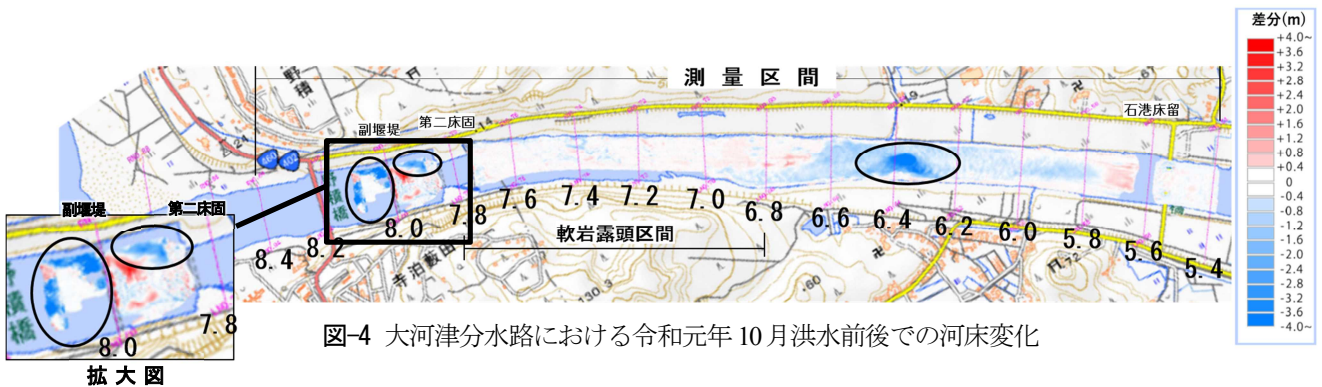


図-4 大河津分水路における令和元年10月洪水前後での河床変化

で最大で6m程度の洗掘が発生した。

- ・石港床留周辺（5.6k）では河床の変化が見られなかった。

副堰堤下流で局所洗掘が生じたことについては、痕跡水位縦断面図において、第二床固より上流では勾配が緩く堰上げが生じたことにより、副堰堤及び第二床固付近で一気に水頭差が生じ、大河津分水路全体のエネルギー分担当が副堰堤及び第二床固付近に集中したことで、洪水が落下流となり、副堰堤下流付近で局所洗掘を生じさせたものと考えられる。痕跡水位縦断面図の読み取りでは、第二床固付近と副堰堤下流付近の差は約9mであった。

第二床固～石港床留間の河床変化が小さかったことについては、堰上げが生じたことにより流速が低下したため、河床変動が生じにくくなったものと推測される。一方で、6.4k 付近の低水路中央部の局所洗掘については、上記推測とは異なる状況下で生じたものと考えられるため、河床の地質状況の分析等を行いながら、引き続き考察を試みていきたいと考えている。

(2) ドローン撮影動画を用いた表面流速解析（PTV解析）

令和元年10月洪水の渡部水位観測所におけるピーク水位は10月13日16時00分に観測されたが、日中時間帯であったこと、及び当日は朝から台風一過の晴天となったことから、ドローンが飛行可能な条件が整っていたため、空中から可能な限り垂直に第二床固の動画を撮影し、流下する浮遊物より、表面流速及び流向の解析（PTV（Particle Tracking Velocimetry）解析）を行った。その結果、図-5から以下の点が明らかとなった。

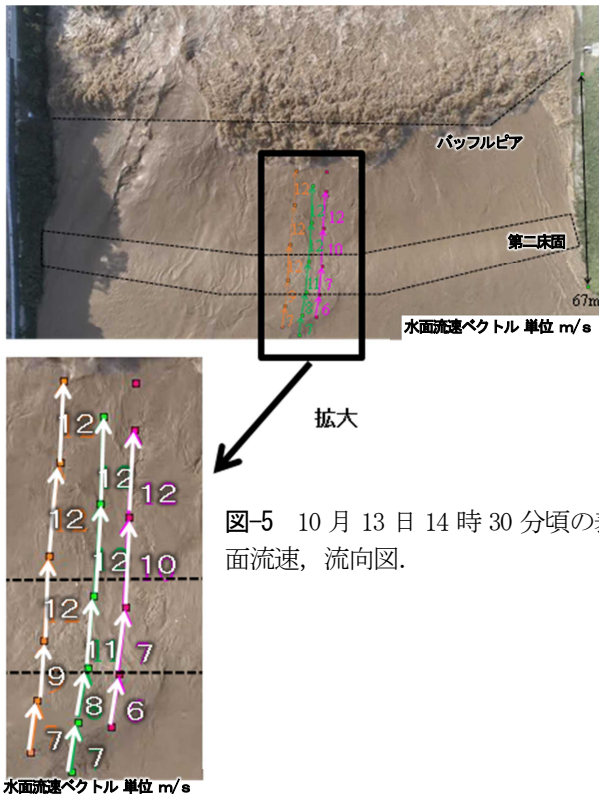


図-5 10月13日14時30分頃の表面流速、流向図。

- ・第二床固より上流では表面流速が6-8m/sであった。
- ・第二床固より下流では表面流速が10-12m/sであった。

5. まとめ

令和元年10月洪水を中心に、過去に起きた大規模洪水について、河道水理データを用いて比較、整理を行い、明らかになった点をまとめるとともに、今後の河川管理への知見について述べる。

明らかとなった点は以下の通りである。

- ・水位ハイドログラフについては、各洪水毎に水位の上昇傾向、洪水継続時間、高水位の継続時間に差が見られる。特に令和元年10月洪水は、比較した5洪水の中で唯一、大河津水位観測所でH.W.L.を長時間超過したが、洪水継続時間は5洪水の中で最短であった。
- ・痕跡水位については、ピーク流量が大きい程、水位が上昇し、堰上げの影響により水面勾配が緩くなる傾向がより顕著となる。
- ・ドローン撮影動画を用いた表面流速解析については、天候等の条件が整えば洪水流の表面流速及び流向の把握が可能であることを確認できた。また、今後の河川管理への知見は以下の通りである。
- ・水位ハイドログラフについては、一般に河道内で高水位が継続すると、浸透により堤防の安定性が低下する。令和元年10月洪水では洪水継続時間が比較的短かったものの、さらに長時間にわたって洪水が継続していた場合、堤防の浸透に対する安定性がさらに低下していたものと考えられる。そのため、洪水時には高水位の継続時間に応じて、堤防決壊を防ぐための水防活動を行うことが重要である。
- ・痕跡水位については、過去の調査を基に、当時の水位ハイドログラフや流量ハイドログラフを確認することで、河道の特性が把握できる。河道特性に関する知見を基に、河川維持管理を行うことが重要である。
- ・ドローン撮影動画を用いた表面流速解析については、従来の浮子投下による流量観測では第二床固付近等複雑な流況となる構造物周辺の流速や流向等の把握は困難であるが、ドローンを用いることで把握が可能となった。また、ドローン撮影動画を用いた表面流速解析で得られた流速や流向等の結果は実測値であり、流況解析モデル等による洪水の再現精度の向上にも活用可能と考えられる。

6. 終わりに

本稿では大河津分水路で発生した洪水に焦点を当て、各種河道水理データの分析・整理を行ったが、今後はさらなる洪水データの収集、及び分析・整理を行うとともに、洪水流の再現に向けた数値モデルによる流況解析等も実施しながら、現在実施中の大河津分水路改修工事の着実な進捗や、マイ・タイムライン等の避難支援の取り組み等にも活用していきたい。

謝辞：本論文の執筆にあたり、関係者の皆様には多大なるご指導、ご助言を賜りました。ここに深く感謝の意を表します。