

5. 2018年北海道胆振東部地震発生後の 近悦府川での流量観測による水位流量曲線の作成と 河川への土砂堆積量の考察

Creation of Stage Discharge Curve by Discharge Observation in the Chikaeppu River
and Consideration of Sediment Deposition on Riverbed
After the 2018 Hokkaido Iburi Tobu Earthquake

谷口 陽子¹・八田 茂実²

Yoko TANIGUCHI and shigemitsu HATTA

¹ 苫小牧工業高等専門学校 創造工学科 助教

² 苫小牧工業高等専門学校 創造工学科 教授

要 旨

2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震では、震源に近い北海道勇払群厚真町で震度7の激しい地震動が観測されるとともに、厚真町各地で土砂崩れが発生した。この地震は河川にも大きな影響を及ぼし、厚真川支川の日高幌内川の上流では地震の山崩れによる河川の堰き止めによって、1時間に1cmの速さで水位が上昇し、一か月後には大規模な天然ダムが姿を現した。これにより、天然ダム決壊による下流への二次被害が発生する可能性が示唆された。また、数百か所にも及ぶ崩落箇所では、地面が露頭し、小さな降雨強度でも土砂が河川に流入する恐れがある。土砂の流入により、河床の変化が起こり、流出形態が変化することが考えられる。

そこで本研究では、厚真地域の近悦府川流域を対象に、試験流域を設置し、表層土が失われた現在の降雨流出特性を把握するとともに、今後表層土が回復していく中で流出特性がどのように変化していくかを検討するための基礎資料とすることを目的とした。水位・流量観測を2019年4月から11月まで継続して行った結果、精度の高い水深流量曲線の作成をすることができた。また、6月中旬から8月上旬にかけて河床の土砂堆積深が10cm程度増加することが推察できた。

《キーワード：近悦府川；流量観測；水深流量曲線；北海道胆振東部地震》

1. はじめに

2018年9月に発生した北海道胆振東部地震は、胆振地方中東部を中心に甚大な被害をもたらした。その中でも、震源に近い厚真町では広い範囲で土砂崩れが発生し、表層土が大きく剥ぎ取られる結果となった。この地震は河川にも大きな影響を及ぼし、厚真川支川の日高幌内川の上流では地震の山崩れによる河川の堰き止めによって、1時間に1cmの速さで水位が上昇し、一か月後には大規模な天然ダムが姿を現した。写真5-1には、その日高幌内川での河道閉塞の様子を示している。これにより、天然ダム決壊による下流への二次被害が発生する可能性が示唆された。山地河川では、流域に到達した降雨のほとんどは土壌に浸透し、土壌中を斜面方向に沿って流動し、最終的に河川に流出する。このため、表層土が失われた場合、降雨流出経路は大きく変わることが考えられ、これに伴って降雨流出特性も変動すると考えられる。

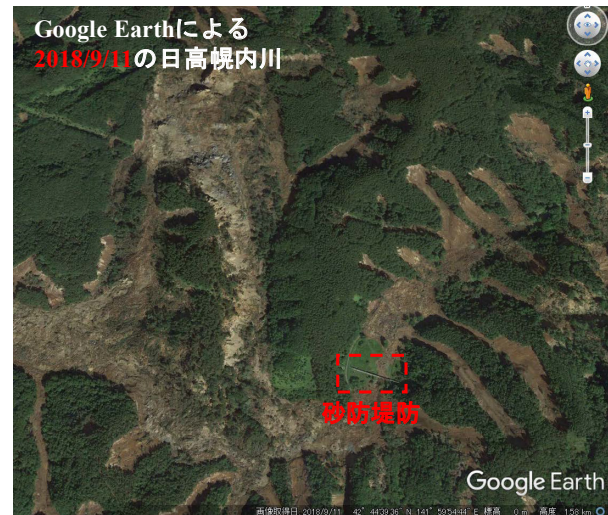


写真5-1 厚真川支川の日高幌内川で発生した河道閉塞の様子
地震前の様子（左上）と地震後の様子（右上）を比較すると、大規模な山崩れにより、日高幌内川だけではなく、周辺一帯を土砂で覆いつくしている様子が分かる。また、地震発生から約1か月後の10月14日には河道閉塞により上流の河川水が堰き止められ、大きな湖が出現した。砂防堤防の位置をもとに3つの写真を比較してみると、地震による変化は歴然である。

本研究では、厚真地域の河川流域を対象に、試験流域を設置し、表層土が失われた現在の降雨流出特性を把握するとともに、今後表層土が回復していく中で流出特性がどのように変化していくかを検討するための基礎資料とすることを目的とする。地元での甚大な災害発生であるため、5年～10年の長期スパンでの調査・研究が必要であると考え、基本的な水文諸量のモニタリングを行い、現状（災害後）から自然復旧していく中でどのような流出変化が起こるのか観測をしていくことで流出計算に活かしていく。

2. 研究方法

(1) 対象地点

モニタリングの対象地点は近悦府川流域とした。図5-1に近悦府川の位置図と水位、流量観測の場所を示す。近悦府川は厚真川流域内にあり、流域面積10.15km²と小さな流域であるが、今回の北海道胆振



図5-1 近悦府川と水位・流量観測場所の位置図



写真5-2 水位計の設置場所（左）と周辺の様子（右）

図5-2 近悦府川流域の崩壊の様子（北海道開発局の資料より）

東部地震では流域の約26.1%が崩壊した。この値は、崩壊地面積率が最も大きかった東和川流域の35.3%に次ぐ大きさである¹⁾。図5-2には近悦府川流域の崩壊地の様子を表しており、近悦府川の上流域で広範囲に崩壊していることが分かる。北海道開発局に問い合わせたところ、近悦府川流域では下流に砂防堤防を設置する以外に改修工事は行わないことが分かった。これにより崩壊地面積が広く、砂防堤防より上流は地震後の自然状態を保てることから、現状（災害後）から自然復旧していく様子が直接観測できると考え、対象流域とした。

水位、流量観測の場所は、下流に位置し洪水時でもすぐにアクセスしやすい場所を選定した（図5-1）。写真5-2には、水位計の設置の様子と観測場所周辺の様子を示している。

(2) 水位・流量観測方法

本研究では、観測するのは次の2点とした。

a) 水位計による連続水位観測

圧力式水位計（HOBO, U20L, 水位・水温ロガー）を用いて、連続した期間の水位を計測し、降雨と水位がどのように対応しているかを観測することを試みた。

b) プロペラ流速計による流量観測

断面に左右される水位は、河川の水量を表すには不十分なため、流域の流出解析を行うためには、流量の観測が必要である。流量観測は、川幅を50cmずつに区切り、小断面ごとに水深、流速を計測することで行った。流速の計測には、主にプロペラ流速計を用いて、水中で一定回数を回転する秒数を測ることで求めた。また、a) の水位計の結果を用いて流量を算出するために、水位流量曲線を作成することを試みた。

観測日は、厚真土砂流出研究会に参画している、北海道気象技術センターの松岡氏による大雨予報を頼りに、洪水時の流量を計測できるように心がけた。本年度は4月から10月までの夏季の降雨期間で計10回の流量観測を行うことができた。

3. 研究結果と考察

(1) 水位・流量観測結果

水位計による連続した水位の観測結果を図5-3に示す。観測開始日は2019年4月18であり、終了日は

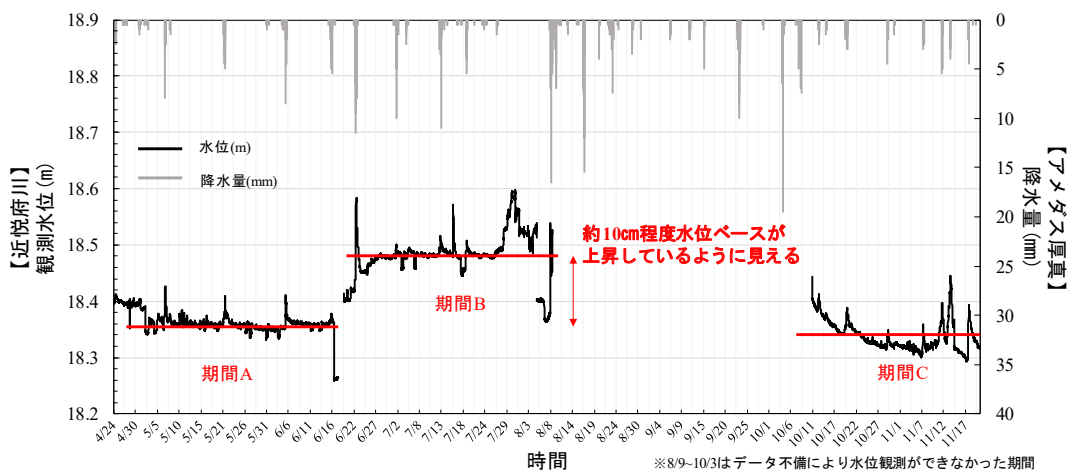


図5-3 水位計の連続観測結果とアメダス厚真地点降水量との対応

2019年11月21日である。なお、途中8月9日から10月11日までは、データ回収時のミスにより欠測となっている。図5-3では、黒の折れ線グラフが観測水位、灰色の棒グラフがアメダス厚真地点の降水量となっている。全体的に水位の上昇は降雨と連動しており、降水量に敏感に反応し流出しているように思うが、水位の上昇量は数cm程度が多く、降雨に対して流出する量が少ない。また、詳しく観測水位に着目すると、6月中旬から8月初旬にかけての水位のベースが他の期間と比較すると約10cm上昇していることが分かった。これについては後節(3)土砂堆積量についての考察で詳しく記すことにする。

流量観測は、水位の観測期間に計10回の流量観測を行った。表5-1に各観測時の平均水深、流速、流量など観測項目の結果を、観測日の前3日間の降雨状況も含めてまとめている。ここで平均とは、断面を50cm毎に区分した小断面の平均値を、観測流量は、小断面毎に求めた流量の合計値を意味する。流量観測を行っている様子を写真5-3に示す。一回目の観測日である4月18日は、洪水日では無かったが、融雪と相まって平均水深が5月21日と6月5日の観測日よりも大きい値をとったと考えられる。また、表5-1に記してある観測が全て終了後に知ることになったのだが、この観測値より200mほど上流で田畑への農業用水の取水が行われていることが分かった。5月21日と6月5日の水深が小さいのは、そのことも関係していると考えられる。いずれにせよ、最大水深は10月4日の27.180cmであり、観測中でも降雨に対して流出量が少ない印象であった。

しかし、今年の融雪期に入り2020年3月10日に



写真5-3 流量観測の様子

表5-5-1 流量観測結果の一覧

観測日	平均水深 (cm)	平均断面 (m ²)	平均流速 (m/s)	観測流量 (m ³ /s)	観測日から前3日間の総降水量 (アメダス厚真) (mm)
2019/04/18 15:40	12.375	0.433	0.360	0.177	14.5
2019/05/21 14:20	7.625	0.343	0.116	0.070	35.0
2019/06/05 15:30	9.625	0.433	0.304	0.117	25.5
2019/06/22 16:30	20.889	0.836	0.387	0.342	57.0
2019/06/22 17:30	20.440	0.818	0.441	0.373	57.0
2019/08/09 10:00	18.940	0.758	0.237	0.174	48.5
2019/08/23 16:30	19.890	0.796	0.405	0.341	17.5
2019/10/04 11:50	27.180	1.359	0.360	0.517	52.5
2019/10/04 12:50	23.910	1.195	0.360	0.456	52.5
2019/10/11 12:10	16.950	0.763	0.273	0.249	35.5

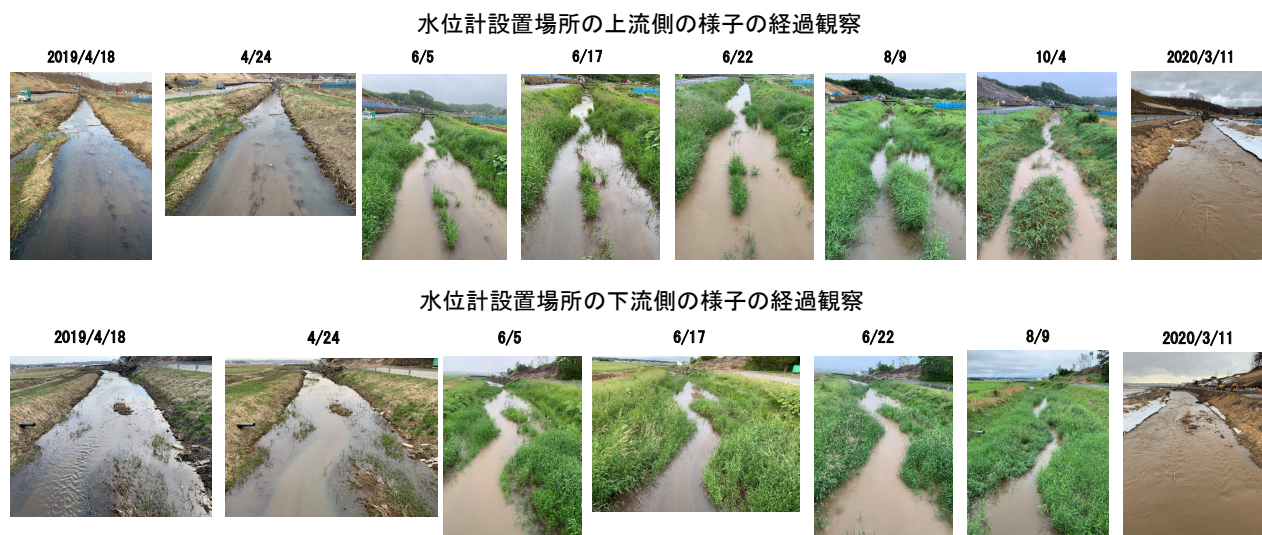


写真5-4 観測場所の季節的な植生変化と洪水時の土砂運搬の様子（上：上流側，下：下流側）

アメダス厚真地点にて、日降水量63mmを記録したため、翌日の3月11日に現場へ向かったところ、河道から溢れそうなほどの出水が起きていた。その様子が写真5-4と写真5-5に示してある。写真5-4は、流量観測を行った際に、観測地点から上流側と下流側を撮影して日付順に並べたものであり、季節的な変化に伴う植生の変化、さらに土砂が堆積している様子や、洪水時に濁流として流れている様子が分かる。写真5-4の右端の写真は2020年3月11日の様子だが、降雨によって融雪量が増加したのか、流量観測できないほどの水位になっていた。写真5-5は、同じ水位計の場所を示しているが、融雪期に降雨が重なった2020年3月11日は、同じ融雪期でも降雨量が少なかった2019年4月18日と比較すると、水深がかなり深くなっていることが分かる。この出水が、降雨によるところが大きいのか、融雪によるところが大きいのかは判断できないが、通年出水が少ないわけではないことが分かった。また、出水時の河川水は土砂によってかなり濁っている。これは、北海道胆振東部地震によって斜面の露頭面積が増加し、河川への土砂供給が行われている可能性があると考えている。

(2) 水深流量曲線の作成

表5-1に示す流量観測結果の平均水深と観測流量を用いて、水深流量曲線を作成した。図5-4に観測流量と作成した水深流量曲線を示す。この水



写真5-5 融雪期と降雨が重なった時の水位比較（左：降雨無し，右：降雨有り）

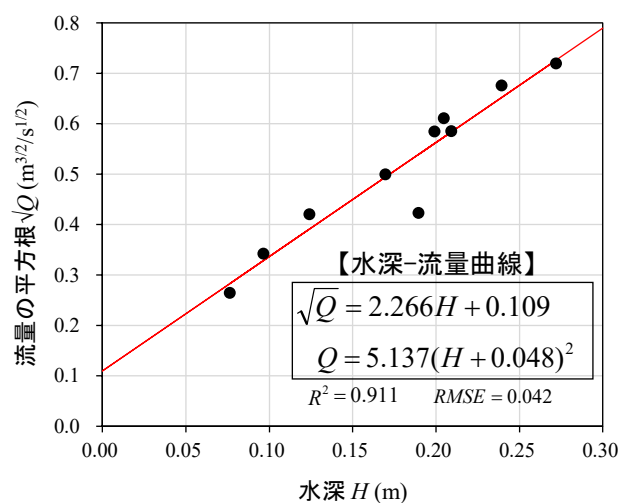


図5-4 流量観測により作成した水深流量曲線

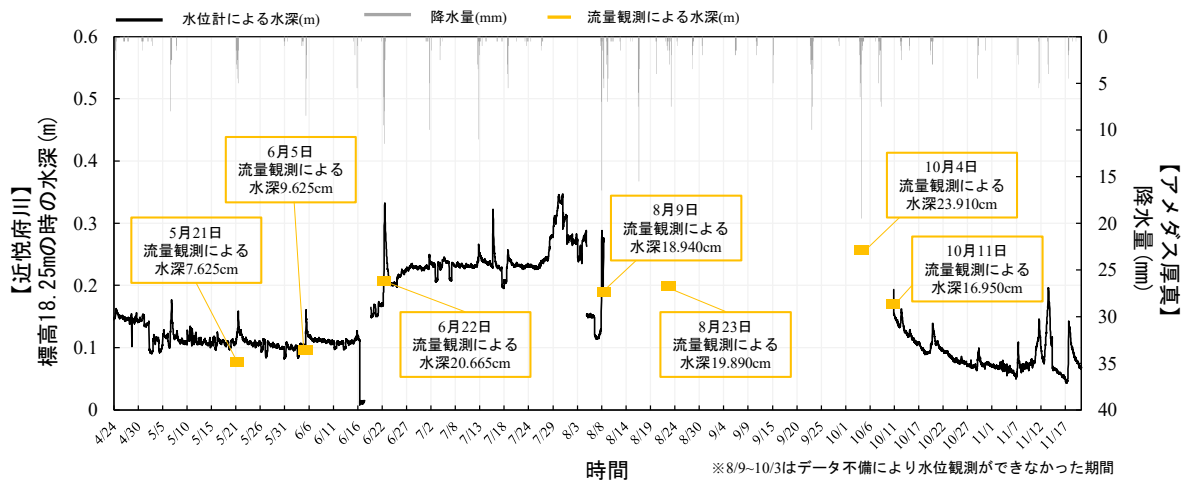


図5-5 水位計による水深と流量観測による水深の比較

深流量曲線は精度指数である決定係数 R^2 が0.991，二乗平均平方根誤差RMSEが0.042となり，かなり精度が良い結果を得た．なお，当初は標高を用いて，水位による水位流量曲線を作成しようと思っていたが，流量観測時に標高は計測しておらず，誤差要因を少なくするため，直接観測できた水深と流量データを使うことにした．図5-5は，水位計による水深と，流量観測の水深を比較したものである．水位計は水深を計測し，一定の基準値（標高）を与えることで水位を求めている（図5-3）．図5-5は観測地点の標高18.25mを差し引いた水深結果を示しており，流量観測で観測した水深と比較すると，やはり6月中旬から8月上旬にかけて水深のベースが上がっているように見える．2019年4月から11月までの上位3日の日降水量は9月23日の61.0mm，次いで6月22日の56.5mm，そして10月4日の52.5mmとなっている．このうち，6月22日と10月4日は流量観測を行っているが，どちらも水深は20cm～24cm程度である．それに比べて，図5-5の6月中旬から8月上旬にかけての水位計による水深は最大で38cm程度を示しており，河床に堆積した土砂により標高が高くなっているのではないかと考えられる．

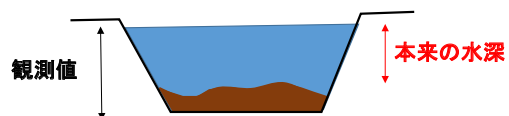
(3) 土砂堆積量についての考察

水深のベースアップが土砂堆積によるものなのかを考察するため，図5-3に示すように4月25日から6月17日までを期間A，6月20日から8月8日を期間B，10月12日から11月20日までを期間Cとし，各期間での流出率を求めることを考えた．表5-2は，求めた流出率をまとめている．この時の流出高は，図5-4の水深流量曲線を用いている．

表5-2 3期間の流出率の比較

	期間A 4/25～6/17 (53日)	期間B 6/20～8/8 (49日)	期間C 10/12～11/20 (39日)
総降水量(mm)	130.5	169.0	85.5
流出高(mm) (水深流量曲線より推定)	61.96	173.31	33.60
流出率 = 流出高 / 総降水量	0.47	1.03	0.39

河床の土砂体積により，河川断面が変化し，水深が上昇したように見えるのではないかと？



期間A，期間Cはいずれも流出率は0.47，0.39と似た値であるが，期間Bにおいては流出率が1.0を上回り，さらに土砂堆積の影響があるとの見方が強まった．そこで，夏季の期間では流出率は一定であると仮定し，期間Aと期間Cの平均流出率0.43になるよ

うに、標高を10.5cm上昇させ18.355mでの流出率を計算した。その結果が表5-3に示している。河床に土砂を10.5cm堆積していると仮定すると、堆積を考えない場合と比べて流出高が約60%近く減少し、流出率は0.44となった。これにより、3

表5-3 期間 B において河床の土砂堆積を 10.5 cm と仮定した時の流出率の計算結果

	期間A 4/25～6/17 (53日)	期間B 6/20～8/8 (49日)	期間C 10/12～11/20 (39日)
総降水量(mm)	130.5	169.0	85.5
流出高(mm) (水深流量曲線より推定)	61.96	73.55	33.60
流出率 =流出高 / 総降水量	0.47	0.44	0.39

期間の流出率の均等がとれるため、期間Bでは河床での土砂堆積が平均10cm程度他の期間に比べ増加していると考えられる。写真5-3は流量観測時の様子を写しているが、実際に河川に入り、歩いてみると期間Bでは土砂に足を取られる感覚があった。よって、上流からの土砂流入により河床が変化していることが分かった。ただし、これが地震発生前からなのか、それとも地震発生後からなのかは今は断定できないため、今後も長期的なモニタリングが必要である。また、写真5-4に示すように6月から8月にかけては、植生の繁茂が著しいため、植物による水深の堰上げも考えられる。

4. まとめ

本研究により、明らかになったことを次に記す。

- 1) 近悦府川流域では夏季の降雨時期においては、流出率が0.43程度の小さい流域であると考えられる。ただし、融雪期においては降雨と相まって流出率が上昇している可能性が示唆され、夏期だけではなく、通年で水位観測を行う必要がある。
- 2) 対象地点での流量観測により、精度の高い水深流量曲線を得ることができた。今後も継続して行い、自然復旧する中でどのように流出状態が変化するのか観測していく。
- 3) 今回の観測では、夏期の流出率が一定だと仮定すると、6月上旬から8月下旬には土砂堆積量が平均して約10cm程度増加していると考えられる。ただし、植生の影響も考えられるため、通年で流量観測時に土砂堆積深を計測していく必要がある。

今回の観測場所の上流で農業用水として一部取水していることが判明したため、今後は観測場所の移動を模索中である。現状では、近悦府川の砂防堤防のすぐ下流点であれば、人工的な影響を受けずに自然流の観測を行うことができると考えている。

参考文献

- 1) 2018年北海道胆振東部地震・大阪府北部の地震被害調査報告書, 第6章, 公益社団法人土木学会発行, 令和元年9月第一版発行。