# 北海道胆振東部地震後の厚真川における浮遊土砂輸送量の変化

Changes of suspended sediment transport volume in the Atsuma River after the Hokkaido Iburi Tobu Earthquake

北海道大学工学部環境社会工学科 ○学生会員 田鍋颯一 (Souichi Tanabe)
北海道大学大学院工学研究院 正会員 久加朋子(Tomoko Kyuka)
国立環境法人寒地土木研究所 山口里実(Satomi Yamaguchi)
(株)福田水文センター 橋場雅弘(Masahiro Hashiba)
(株)福田水文センター 土田宏一(Kouichi Tsuchida)
(株)福田水文センター 諏訪田光浩(Mitsuhiro Suawada)
北海道大学大学院工学研究院 学生会員 岡安努(Tsutomu Okayasu)
北海道大学大学院工学研究院 正会員 今日出人 (Hideto Kon)
北海道大学大学院工学研究院 フェロー 清水康行 (Yasuyuki Shimizu)

#### 1.はじめに

2018年9月6日3時7分,北海道の胆振地方中東部を 中心に北海道胆振東部地震(以下地震と呼ぶ)が発生し た.最大震度は北海道厚真町にて震度7,地震規模は M6.7 と大規模で強い地震であった.この地震により, 厚真川流域では山体崩壊が発生した.特に厚真川上流部 では上流部流域面積における崩壊地面積率が10%をこえ るなど<sup>1)</sup>,非常に大規模な斜面崩壊が厚真川流域に集 中して発生した(図-1).

本地震発生後には、厚真川流域を対象とした崩壊斜面の 地理的特性2)や土壌の構成成分3),降雨時における崩壊 地からの土砂流出状況など114,数多くの速報的な研究 成果が報告されている.彼らの報告によると、斜面崩落 が特に多く発生したのは、厚真町市街地東部の標高 50m 以上の丘陵地から標高 300m 前後の山地の斜面で あるということが指摘されている.また、厚真川流域 の土壌は樽前カルデラの降下火砕堆積物によって構成さ れ, 樽前d降下軽石層下部の粘土層が滑り面となって斜 面崩壊が引き起こされたということが指摘されている. また、これらのことから、地震後の厚真川流域では、斜 面崩壊の影響により、多量の土砂が流入する状況下にあ ることが懸念されている.しかしながら、厚真川のよう な小規模な河川における地震前の河川に関する現地デー タは非常に限られており、地震前後の変化について、現 時点で定量的な比較を行った研究報告は殆ど存在しな い

厚真川流域は、恵庭岳や樽前山の噴火に由来する降下 火砕物が 1~3m 堆積している.このため、厚真川流域か ら産出される土砂の粒径は比較的小さく、石塚ら<sup>50</sup>の報 告によると、厚真川における年間での流出土砂量に占め る浮遊砂の割合は昭和46年度調査で約78%、昭和54年 度調査で約93%と報告されている.ならびに、浮遊砂の 流出量は夏季期間が全体の半分以上を占め、浮遊砂の年 流出量の変動には洪水が大きく影響することを指摘して いる.

そこで本研究では、厚真川の浮遊砂量の地震前後の変 化について着目し、数少ない現地データとして、(1)





図-1 厚真川流域の概要, a) 調査地点(緑は厚真川流 域,紫はハビウ川流域,茶色はウクル川流域を示す. 黄色いポリゴンはハビウ川とウクル川の調査地点より 上部の崩壊地を示す.), b) ハビウ川流域の斜面崩 壊の様子(2018年9月8日ドローン撮影)



図-2 濁度と浮遊砂濃度の関係

調査年	2017										2018											2019														
調査月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
流量							$\square$																													
濁度																$\overline{/}$									7			$\overline{/}$								

表-1 厚真大橋における定点観測データの有無 (空白はデータ有、斜線は一部欠測、塗りつぶしは欠測を示す)

厚真大橋地点における定点観測データ(北海道提供)と, (2) 2020 年の厚真川支流ハビウ川およびウクル川の降 雨時の採水資料から得られた SS 濃度を用いた検討を行 った. ハビウ川とウクル川流域はいずれも厚真川上流域 に流れ込む支川であるが、ウクル川は上流域での崩壊が 少ない. このため、今回得られたウクル川の SS 濃度は、 地震前の値と比較的近いと想定している. さらに, (1) のデータを用い、地震前後での浮遊砂の年間土砂産出量 を推定し、上流域の崩壊に伴う土砂流出特性の変化を考 察した.

#### 2.厚真川流域,ハビウ川,ウクル川の概要

厚真川は, 流域面積 382.9km<sup>2</sup>, 流路延長 52.3km, 上 流域に厚真ダムと厚幌ダムを有する二級河川である.厚 真川の比較的緩勾配の河川であり,河口から厚真大橋付 近の河床勾配は約1/1200,厚真大橋から厚幌ダム付近は 約1/400 である.

厚真川上流部では、北海道胆振東部地震によって崩壊 地面積が33.08km<sup>2</sup>も及んだ、村上ら<sup>1)</sup>の報告によると、 崩壊地面積は厚真川上流域の流域面積の 12.6%にもなる. 彼らの目視観察<sup>1)</sup>によると、崩壊斜面では 2mm 程度の 降雨でも表層に流路が形成されており、流域への細粒成 分流入が懸念されている.

厚真川の支流であるハビウ川とウクル川の位置を図-1 に示す. ウクル川は厚真川河口より 17.5km の位置で厚 真川左岸側から合流, ハビウ川は厚真川河口より 23.5km の位置で厚真川右岸側から合流する支流である. 既往報告<sup>2)</sup>によると,厚真川流域内での斜面構成材料の 違いは小さく、本論では両支川にて降雨の浸透特性等に 大きな違いが無いものと考えている.

### 3. 厚真大橋地点における定点観測データの分析

ここでは,厚真川の厚真大橋での定点観測データとし て,流量および濁度を用いる.本データは,北海道胆振 東部地震以前の 2017 年, 2018 年, および地震後の 2019 年の3年間にわたるものである(表-1).データは1時 間ごとに計測されており,データ欠測期間(冬季期間な ど)も多く含まれるが、地震前後を定量的に比較するた めの貴重なデータと言える.

図-2 に、厚真川と日高幌内川との合流点下流にて測 定された濁度 D と浮遊物質量(SS)との関係を示す. 濁度と SS との近似式は、次式のように求められた.

$$C = 0.9587 D^{1.0388} \tag{1}$$

ここに, C は浮遊砂濃度(mg/L), D は濁度である.

続いて、図-3 に、2017 年から 2019 年の厚真大橋にお ける流量と浮遊砂濃度を示す. これは,得られた浮遊砂



図-3 流量と浮遊砂濃度の経年変化(厚真大橋)



図-4 厚真大橋での流量と流砂量の関係

濃度と同観測日の時間毎の流量より,厚真大橋における 浮遊砂量を求めたものである.この際,厚真川の浮遊砂 の比重は、下流域の河床材料の計測結果をもとに2.08を 与えた(詳細な比重については、今後採水データを分析 する). 図-3 より、地震発生前後の流量に対する浮遊 砂濃度を比較すると、地震前の 2018 年の方が 2019 年よ り流量が大きいにも関わらず、浮遊砂濃度が小さいこと が分かる.厚真川本川に流れ込む流入土砂量は明らかに 増加している.

図-4 は、(1)式にて推定される浮遊砂濃度と流量から 厚真大橋での通過浮遊砂量を推定し、流量と浮遊砂量の 関係を表したものである. 図-4 から浮遊砂量を比較す ると、流量が小さい場合においても(5mm 前後は降雨 無し), 地震後のほうが地震前より多くの浮遊砂量が出 ることが分かる. なお, 地震による崩壊地の大半は厚真 大橋より上流区間に位置しており, 今回得られた実測デ ータは, 斜面崩壊による流出浮遊砂量の増分の大半を捉 えたものと考えられる.

### 4. ハビウ川とウクル川における浮遊砂濃度の変化

前節までの検討より,厚真川では地震時の斜面崩壊に よる土砂流出の増加が明瞭であった.ここでは,より詳 細な浮遊砂流出特性を把握するため,厚真川支流のハビ ウ川,ウクル川にて水文調査を行なった.調査箇所は図 -1に示す通りである.各河川の調査地点における集水面 積は,各々11.24 km<sup>2</sup>,3.32 km<sup>2</sup>とハビウ川の方が約 3.4 倍大きい.集水域内に確認される崩壊地面積は 各々,2044,000m<sup>2</sup>,5,700m<sup>2</sup>である.これら2地点で調査 を行なうことによって,大規模な斜面崩壊が土砂流出へ 与える影響を把握することが目的である.採水調査は, 2020年10月23日の8時から20時,10月24日~26日 の正午に実施した.

調査方法は次の通りである(図-5 現地写真).水位 データの取得には、水圧式水位計(応用地質株式会社、 S&DLmini)を使用した.また、水位流量曲線(H-Q 曲 線)には、事前に断面形を測量し、STIV 法 <sup>7</sup>による表 面流速の解析(KU-STIV を使用)を行ったデータを用 いた.降雨データはハビウ川およびウクル川の調査地点 にて転倒マス型雨量計(太田計器製作所,OT-501S)を 設置し、10分間隔で記録した.浮遊物質は現地にて 30 分~1時間間隔で1Lの採水を行い、後日、GFP ろ過重 量法にて浮遊砂濃度の分析を行った.

図-6に、当日の降水量と水位の時間変化を示す.また、 図-7に水位と浮遊砂濃度の時間変化を示す.図-6より, ウクル川に比べてハビウ川の方が水位ピークに至る時間 が遅いものの、いずれも降雨時の水位が短時間でピーク に達した直後、水位は緩やかに下がることが分かる. ウ クル川の方が観測された降水が大きかったことと、流域 が小さいため、ピークに至る時間が速かったものと考え られる.また、図-7より浮遊砂濃度を比べると、ハビ ウ川の方が浮遊砂の濃度が高く, 今回のような比較的小 規模な降雨(時間雨量 10mm 以下)においても 1.25 倍 程度大きいことが分かる. さらに、浮遊砂濃度の時間変 化を比べると、ハビウ川では流量ピークに至る前から浮 遊砂濃度が上昇しており、時間雨量 0.5~3mm 程度でも 濃度上昇が始まるようである. 一方, 降雨後の継続した 浮遊砂の流出については観測されなかった.これは、今 回対象とする降雨が小さいための可能性があり、 今後よ り大きい降雨を対象とした調査も必要と考える.

続いて、図-8 にハビウ川の流量と浮遊砂濃度との関係を示す(ウクル川については水位-流量図の分析中のためここでは未掲載).今回の調査では流量がピークに達する時間までと、24 時間以上経過後しか採水ができていないものの、ハビウ川では流量が増え始めると同時に浮遊砂濃度が高くなっていき、流量が減っていく速度よりも早く浮遊砂濃度が低くなることが分かる.崩壊地の少ないウクル川とは傾向が異なる可能性が想定されるため、今後、比流量を用いて両者の比較を行っていく.



図-5 現地の調査機材設置状況(ハビウ川)



a)ハビウ川 ,b)ウクル川



図-7 降雨による水位と SS 濃度の時間変化, a) ハビウ川(10/23は20:00まで採水,10月24日は 13:00 採水),b)ウクル川(10/23は18:00まで採水, 10月24日は12:00 採水)



図-8 ハビウ川の流量と浮遊砂濃度のグラフ(10/23)

# 5. 夏季の流出浮遊砂量の変化の推定

前節では,異なる面積の斜面崩壊地を有する支川を対象とし,崩壊面積の違いが降雨時の土砂流出量に影響を与えることを示した.そこで,ここでは厚真川の実測データが比較的豊富な夏季のみを対象とし,濁度と流量の実測データが揃っている厚真大橋観測点を対象に,地震後の2019年における通過浮遊土砂量について考察した.

浮遊土砂量の推定には、濁度データから(1)式によって 変換された浮遊砂濃度と、同日の時間毎の流量データを 用いた. 期間は 2019 年 6 月から 11 月までで, これは石 塚らの報告 5内での夏季,冬季の分け方に倣ったもので ある. 石塚らは論文内で, 厚真川河口での年間流出土砂 量は夏季流出土砂量の約2倍であり、昭和54年の大出 水の年においては夏季流出土砂量が年間流出土砂量の約 53%を占めていると報告している. この報告 の内では昭 和46年と昭和54年の年間流出土砂量をそれぞれ5000m3, 12600m<sup>3</sup>とし、また、そのうちの浮遊砂の占める割合を それぞれ約78%,約93%としている.すなわち厚真川河 口での年間流出浮遊砂量は昭和46年,昭和54年でそれ ぞれ約 3900m<sup>3</sup>,約 11700m<sup>3</sup> であったと推定されている. そのうち、夏季流出土砂量が年間流出土砂量内で占める 割合を昭和 46年,昭和 54年でそれぞれ 50%,53%とす ると,厚真川河口における夏季流出浮遊砂量はそれぞれ, 1950m<sup>3</sup>, 6210m<sup>3</sup>と計算される.

次に厚真大橋での夏季通過浮遊土砂量は,2019 年度 では6310m<sup>3</sup>となった.AMEDAS(厚真)にて昭和54年 (大出水の年)と2019年の6月から11月までの積算降 水量を比較すると,2019年の厚真は昭和54年の約7割 程度の降水量であった(図-9).厚真大橋での浮遊砂量 と河口での浮遊砂量とを単純比較することはできないも のの,地震後の厚真川では降水量が特別多くなくても, 地震前の厚真川の大出水時に匹敵する浮遊砂量が流出し ている可能性がうかがえる.

#### 6. 結論

本研究で得られた成果は下記の通りである.

- (1) 厚真川の厚真大橋(KP16.7km)地点における流量と浮 遊砂濃度の関係から、地震前に比べて地震後は、少 ない流量でも以前より多くの浮遊砂が流出している ことがわかる、厚真川本川に流れ込む流入土砂量は 増加している。
- (2) 斜面崩壊地の多いハビウ川と崩壊地の少ないウクル 川での土砂流出状況の違いを見ることができた.ハ ビウ川はウクル川に比べて、少ない降水量でも浮遊 砂濃度が上昇しやすい.時間雨量 0.5~3mm 程度で も濃度上昇が始まるようである.一方、降雨後の継 続した浮遊砂の流出については観測されなかった. これは、今回対象とする降雨が小さいための可能性 があり、今後より大きい降雨を対象とした調査も必 要と考える.
- (3) 夏季の流出浮遊砂量について地震の前後で比較を行なった.地震前後で推定箇所は厚真大橋と厚真川河口と異なるが,地震後の2019年の通過浮遊土砂量は,昭和54年の大出水時に匹敵する量に近いと推定された.

## 7. 謝辞

本研究は,一般財団法人北海道河川財団,北海道大 学ロバスト農林水産工学国際連携研究教育拠点による支 援を受けた.また,本研究に関わるデータおよび水文観 測施設の設置などは北海道開発局,北海道,および厚真



a)昭和45年, b)2019年の比較

町当局に多大なご協力をいただいた.ここに謝意を表す.

## 参考文献

- 村上泰啓,伊波友生,藤浪武史:北海道胆振東部地 震における厚真川支川の崩壊地調査について.第
  62回北海道開発技術研究発表会回北海道開発技術 研究発表会,pp.1-6,2018.
- 小山内信智・海堀正博・山田孝・笠井 美青・他 21 名:平成 30 年北海道胆振東部地震による土砂災害 砂防学会誌 71, pp.54-65, 2019.
- Kameda, J., Kamiya, H., Masumoto, H., Morisaki, T., Hiratsuka, T., Inaoi, C.: Fluidized landslides triggered bythe liquefaction of subsurface volcanic deposits during the 2018 Iburi-Tobu earthquake, Hokkaido. Sci Rep 9,13119, 2019.
- 4) 今日出人,久加朋子,橋場雅弘,土田宏一,西山典志,瀧川憲,杉山拓大,清水康行:電波不感地域における雨量・水位・氾濫情報提供システム開発とハビウ川における検証の試み,土木学会論文集B1(水工学)76,2,pp.415-420,2020.
- 5) 石塚耕一, 浦島三郎: 厚真川および安平川の流出土 砂量について, 苫小牧工業高等専門学校紀要第16号, pp.99-102, 昭和55年.
- 藤田一郎・河村三郎:ビデオ画像解析による河川表 面流計測の試み,水工学論文集 38, pp.733-738, 1994.