

2016年北海道豪雨災害による芽室川砂防区間の流路変動特性

Characteristics of bed morphodynamics affected by sabo construction in the Memuro River, August 2016.

北海道大学工学部環境社会工学科
北海道大学大学院工学研究院
北海道大学大学院工学研究院

○学生員 天見 有志 (Yuji Amami)
フェロー会員 清水 康行 (Yasuyuki Shimizu)
正会員 久加 朋子 (Tomoko Kyuka)

1. はじめに

2016年、北海道では8/17~8/23の間に3個の台風が上陸し、それに続いて8/29から前線に伴う降雨を挟み、8/30に台風10号が上陸した。これにより、北海道の道東を中心に記録的な大雨が発生し、十勝川水系をはじめとした多くの水系において既往最大の水位が観測された。図-1に、2016年8月の月平均降雨量の分布を示す。図-1からも分かる通り、十勝管内では年間降水量の半分以上に相当する降雨が観測され、十勝川水系の中小規模の各河川流域では大規模な流路変動が生じ、それに伴い堤防、道路、橋脚、農地等に多大な被害が生じた。なかでも、図-1に示す芽室川流域では、近辺に市街地が少ないために被害報道は目立たなかったものの、上流源流域の大規模崩落、流路の蛇行化に伴う河岸侵食や堤防決壊、大多数の橋梁崩落、農地浸水等が確認された。

図-2および図-3に、特に大きな流路変動が規模の認められた芽室川上流域の3号砂防堰堤から4号砂防堰堤区間の被災状況の写真を示す。図-2および図-3から分かる通り、芽室川3号砂防堰堤から4号砂防堰堤区間では、本出水にて堰堤直下にて顕著な河床低下が生じると共に、その下流域において大規模な流路の横移動とそれに伴う河岸侵食(牧草地が大規模に消失)が生じたことが特徴的であった。また、このような流路変動は芽室川3号砂防堰堤付近のみでなく、芽室川の他の砂防堰堤付近においても認められた他、同じく十勝川水系の支川である美生川の砂防施設下流等においても同様に、大規模な蛇行が認められた。

一般的に、砂防施設はその下流域では河床低下が進行し橋脚や護岸周りが洗掘されることが問題とされているものの、大規模出水時には上流からの崩壊土砂や流木を堰堤堆砂域にて捕捉することで、下流への土砂流出量を調整し、被災規模を低減することが期待されている。しかしながら、本出水では砂防堰堤の下流域において河床低下量が大きく砂防堰堤上流側にて十分に土砂が捕捉されたと推察されるにも関わらず、その下流域において元流路が河床上昇し、それに伴い農地や牧草地を大規模に侵食するほどの流路の蛇行化が生じた。これより、大規模出水時における砂防施設の土砂捕捉機能の高さがどのように流路変動に影響を与えたかを把握することは河川管理上有用であると考えられる。ならびに、出水中に砂防堰堤直下において軟岩領域が露出するほど河床低下した場合、軟岩露出がその後の河床・流路変動にどのように影響を与えるかについても把握することは重要と考えられる。

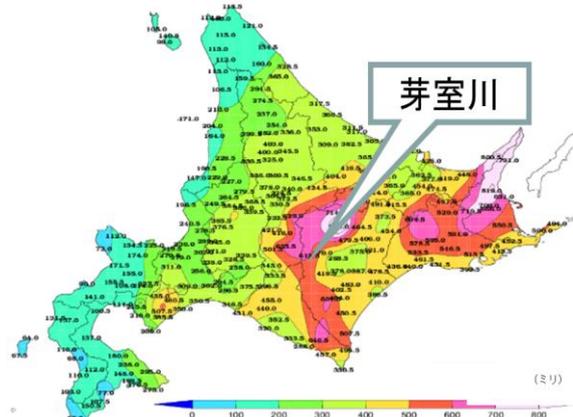


図-1 2016年8月の道内における月降水量分布図 (札幌管区气象台より転載・一部加筆)



図-2 芽室川3号堰堤(位置は図-4参照)付近の被災状況(撮影日:2016/10/9)、上流から下流側を望む



図-3 芽室川3号砂防堰堤付近の被災状況(撮影日:2016/10/9)、4号堰堤から上流側を望む(青線:元流路の位置、黄色線:蛇行によると推察される侵食ラインを示す)

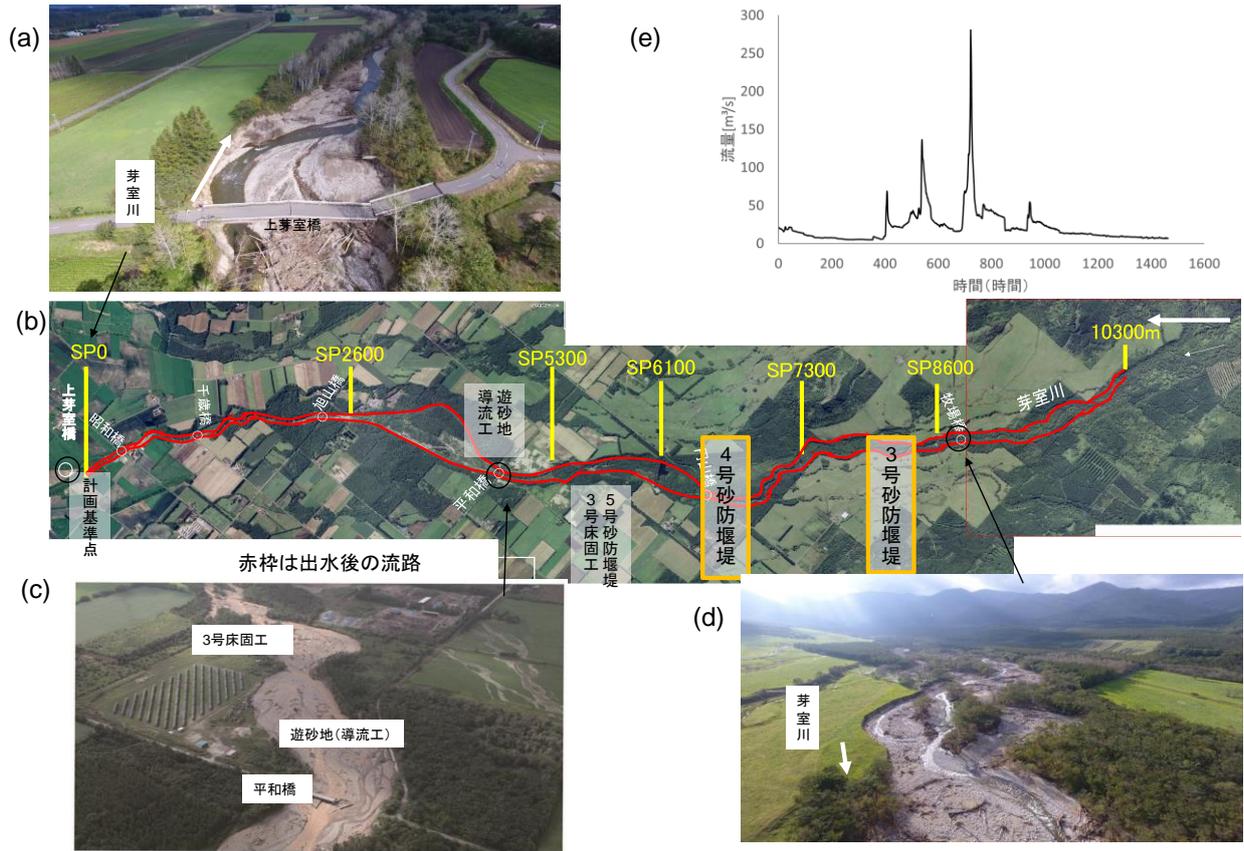


図-4 芽室川砂防区間の被災概要

- (a) 上芽室橋付近、上流から下流を望む (2016/10/9 撮影)
- (b) 芽室川砂防区間の概要 (帯広建設管理部提供資料一部修正)
- (c) 遊砂地 (導流工) 付近下流から上流を望む (帯広建設管理部)
- (d) 3号砂防堰堤上流域、下流から上流を望む (2016/10/9 撮影)
- (e) 2016年北海道災害当該区間における流量 (概算値: 芽室太橋の観測データ (北海道開発局) を当該区間の痕跡水位から算定された最大流量 $280\text{m}^3/\text{s}$ を用いて補正したもの)

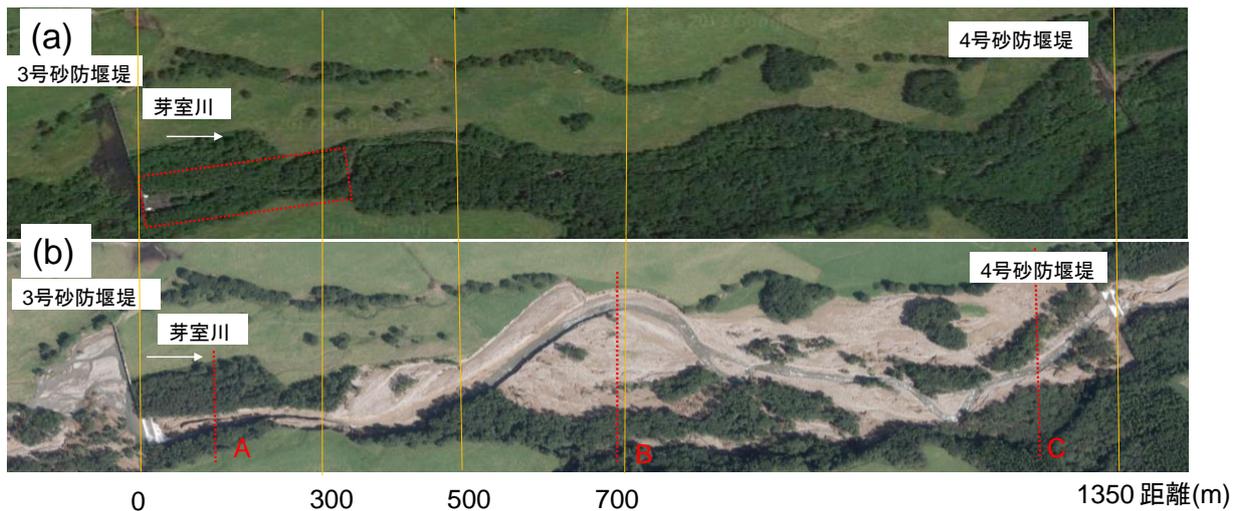


図-5 芽室川3号砂防堰堤から4号砂防堰堤の流路変動状況

- (a) 出水前 (Google earth、撮影日: 2014/7/29)、赤枠は図-6の縦断面図を示す
- (b) 出水後 (帯広建設管理部、2016出水後撮影)、A-Cは図-7の横断面図を示す

砂防施設の土砂捕捉効果と流路変動特性との関係性に着目した研究報告は少なく²⁾³⁾、今回芽室川で生じた事

例は貴重な現地データであると言える。そこで、本研究では最も流路変動規模の大きかった3号砂防堰堤から4

号砂防堰堤区間を対象とし、現地調査データを整理すると共に、数値計算より出水時の流路変動を再現し、どのようなプロセスで大規模な流路変動が生じたかを把握することを目的とした。

2. 芽室川諸元

芽室川は北海道上川郡清水町や河西郡芽室町を流れる十勝川の一次支川である。図-4に、芽室川砂防区間の被災概要図を示す。図-4に示すように、芽室川では一連の出水により砂防区間全域にわたって橋梁、砂防堰堤、床固工に被害が生じた。たとえば、芽室川の SP5300 付近の導流工と遊砂地では流路の蛇行により護岸工が倒壊、SP6100 の 4 号床固工では右岸側堤防が決壊した(図-4-c)。流路変動規模の大きかった SP7300 の 4 号砂防堰堤からさらに上流 SP8600 の 3 号砂防堰堤までのおよそ 1300m 区間(当該区間)では、上述したとおり堰堤直下における顕著な河床低下とその下流域で大規模な流路の横移動に伴う河岸侵食が認められた。

図-5-a および図-5-b に 3 号砂防堰堤から 4 号砂防堰堤の区間における被災前後のオルソ画像を、図-6 および図-7 に、当該区間の最深河床高縦断面図および図-5-b に示す各横断測線における被災前後の河床横断面図を示す(ただし、被災前のデータは直前のものではなく砂防堰堤建設時のおよそ 1980 年代のものである)。図-5-a および図-5-b より、3 号砂防堰堤直下の出水前後の流路状況を比較すると、3 号堰堤下流に約 350m 付近まで河床低下が続いたことが分かる。また、図-6 および図-7-a より出水前後の縦断の最深河床高および横断の河床高を比較すると、堰堤直下では最大 13m に及ぶ河床低下が生じたこと(この区間より下流については縦断面図のデータがないため不明である)、および横断方向に 2 か所で大規模な河床低下が起こったことが分かる。図-7-a によると、右岸側ではおよそ 13m、左岸側ではおよそ 5m の河床低下が発生したことが分かる(ただし、出水後の流路は右岸側の 1 本のみになった)。そこで、図-8 に示す出水後の 3 号砂防堰堤直下の写真より状況を確認すると、元河床の高さの位置には礫層が残るものの、橙色ラインで示した箇所にて礫層下端部に達しており、その後、軟岩層の侵食が進んだように見受けられる。軟岩層では礫層に比べて鉛直方向への河床の縦侵食が卓越する状況が生じやすく、深さ 13m にも及ぶ V 字谷のような流路が形成されたのではないかと推察される。

一方、図-5-a および図-5-b より、3 号砂防堰堤より 300m 程度下流区間からは流路が横方向に移動しはじめ、700m 程度下流区間では川幅が最大 500m 程度まで広がったことが分かる。図-7-b (図-5-b の測線 B 付近) より、蛇行部の出水前後の横断測線の河床高を比較すると、出水前の低水路は左岸側に約 200m 移動したことが分かる。また、4 号砂防堰堤直上流域にあたる図-7-c (図-5-c の測線 B 付近) の横断測線の河床高からは、下流にいくほど土砂が堆積し、河床上昇傾向にあったことが推察される。

そこで、図-9 に当該区間における出水前後の各横断測線の断面積変化から侵食量と堆積量の概算値を示す(ただし、被災前のデータは直前のものではなく砂防堰堤建

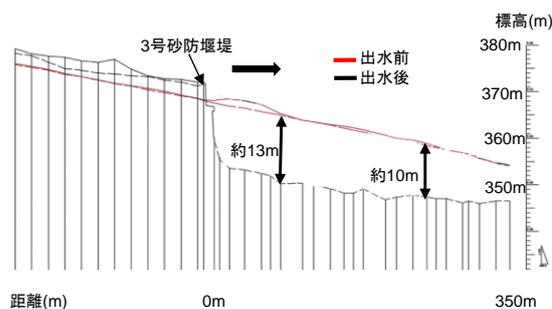


図-6 3 号砂防堰堤の下流 350m 付近までの最深河床高縦断面図 (図-4-a の赤枠部分、帯広建設管理部)

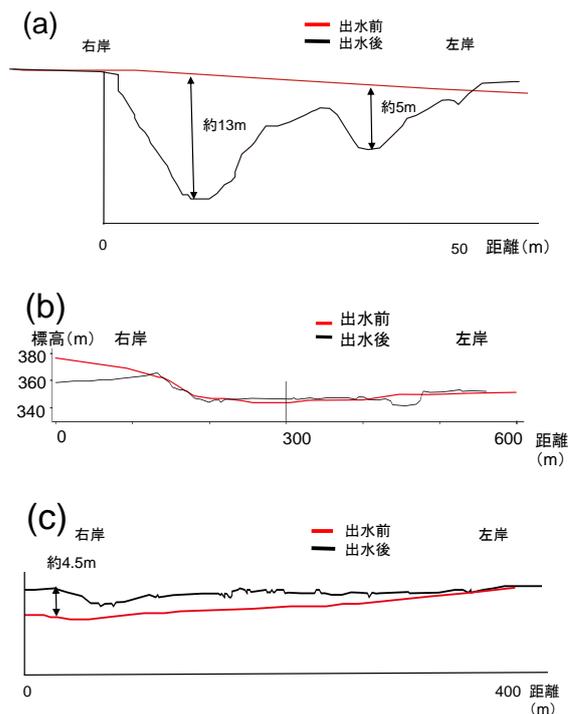


図-7 当該区間における出水前後の河床の横断形状 (図中の a~c は図-5-b の測線 A-C に対応、帯広建設管理部)



図-8 3 号砂防堰堤直下の写真 (2016/5/24 撮影)

設時のおよそ 1980 年代のものであり、侵食・堆積量を過大評価している可能性がある点には留意が必要である)。図-9 より、各横断測線の断面積変化量に距離をか

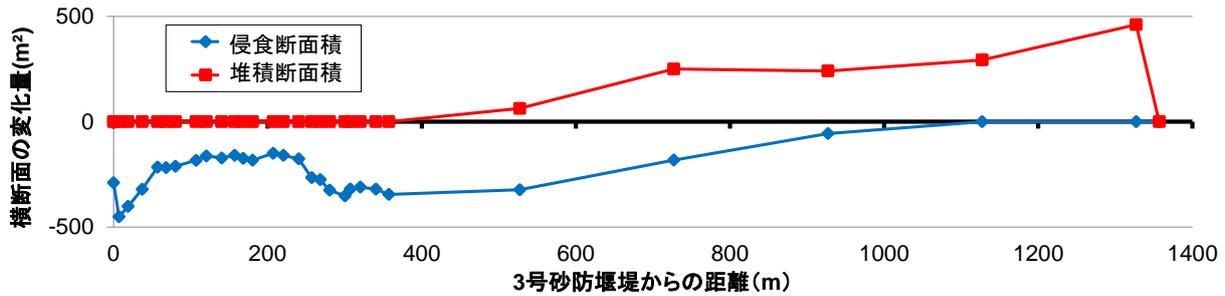


図-9 当該区間における各横断測線の断面積変化量（北海道）

けることにより当該区間の総侵食量と総堆積量を算出すると、概算総侵食量は約 224,300m³、概算堆積量は約 221,500m³ と見積もられた。これより、当該区間では、少なくとも侵食により発生したと推定される土砂量の 98.8%に相当する土砂量が当該区間に堆積したことが分かる。図-9より侵食量と堆積量の大小が切り替わる点は、およそ 3号堰堤より 600m から 700m 程度下流地点であることが分かる。これより、本区間の流路の横移動は、流路内の土砂量が侵食から堆積傾向へ切り替わる場所と概ね一致することが分かる。もともと流路であった箇所に土砂が堆積し、それに伴い右岸から左岸方向へ流路の位置が切り替わったものと推察される。

なお、本区間の上流域には 1号、2号、3号砂防堰堤が存在する。これより、出水時に上流の崩壊地から流入した土砂の大半は上記砂防施設によって捕捉されたものと推察され、当該区間では 3号砂防堰堤の直下流において生じた大規模な河床低下に伴う土砂供給が、その下流域における 4号砂防堰堤上流域に堆積し、流路の蛇行化をもたらしたのではないかと推察される。しかしながら、3号および 4号砂防堰堤の土砂捕捉効果の高さが当該区間の流路変動にどの程度影響を与えたかについては現地調査データのみから詳細に考察することは難しい。そこで、今後、平面 2次元河床変動解析により本区間の流路変動の再現を試み、土砂捕捉効果の高さおよび出水途中の軟岩層が露出することがどのように流路変動特性に影響を与えるかを検討する。

3. 結論

本研究では、十勝川水系芽室川を対象に、2016年北海道豪雨災害による芽室川砂防区間の流路変動特性を把握することを目的に現地調査データの整理と数値解析を行った。現地データより、芽室川 3号砂防堰堤から 4号砂防堰堤区間では 3号堰堤直下流で 10m を超える著しい河床低下が約 350m 以上にわたって生じ、砂礫層の下に埋没していた軟岩層まで縦方向の侵食が及んだことが分かった。また、その下流域では、流路が横方向に約 300m にもわたって移動し、それに伴う河岸侵食が認められた。当該区間において各測線の横断面積変化量より算定した概算総侵食量と概算総堆積量を比較すると、少なくとも当該区間で発生したと推測される土砂量の 98.8%に相当する土砂量が当該区間に堆積したことが分かった。これより、本区間の上流域にも砂防堰堤が数基存在することを考えると、上流の崩壊による流入土砂の大半は上

流域の砂防施設によって捕捉されており、当該区間では 3号砂防堰堤の直下流の大規模な河床低下に伴う土砂供給が、その下流域に堆積することで出水前の低水路が河床上昇し、流路の横移動（蛇行化）がもたらされたと推測された。今後、当該区間においてどのようなプロセスで大規模な流路変動が生じたかをさらに把握するため、3号および 4号砂防堰堤の土砂捕捉効果、および出水途中の軟岩層の露出に着目し、平面 2次元河床変動解析による現象再現を試みる。

謝辞

本研究は、公益社団法人河川財団の河川基金の助成（2017-5211-002）を受けた。また、北海道庁、北海道開発局からデータ提供などの便宜を図って頂いた。ここに謝意を示す。

参考文献

- 1) 土木学会北海道豪雨災害調査団：2016年 8月北海道豪雨災害報告書，2017.
- 2) 高橋保・里深好文：網状流路の流路変動に関する数値シミュレーション，京都大学防災研究所年報，第 42号 B-2，pp. 189-200，1999.
- 3) 高畑知明・泉典洋：供給土砂量の変化が流路形態に及ぼす影響に関する実験的研究，第 58 回理論応用力学講演会，2010，doi: <https://doi.org/10.11345/japan-nctam.58.0.79.0>.
- 4) 国土地理院：基盤地図情報ダウンロードサービス <https://fgd.gsi.go.jp/download>.